

VŠB- Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Dopravní technika a technologie

Interaktivní model křížení dráhy s pozemní komunikací

Interactive Model of Railroad Crossing with Road

Student:

Turčák David

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaromír Široký, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **David Turčák**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2301R003 Dopravní technika a technologie**
Téma: **Interaktivní model křížení dráhy s pozemní komunikací**
Interactive Model of Railroad Crossing with Road
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Analýza pohybu vozidel na železničním přejezdu
3. Návrh modelu křížení dráhy s pozemní komunikací
4. Realizace interaktivního modelu křížení v prostředí Excel
5. Validace a verifikace navrženého modelu.
6. Provozně technické hodnocení návrhu modelu

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 73 6380 Železniční přejezdy a přechody.
ČSN 34 2650 ed.2 Železniční zabezpečovací zařízení – Přejezdová zabezpečovací zařízení.
ČSN 73 6100-1 Návosloví pozemních komunikací – Část 1: Základní návosloví
Vyhláška MD č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah ve znění pozdějších předpisů
Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů
Široký, J. Mechanika v dopravě II. Příklady. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. 2006.
Široký, J. Mechanika v dopravě I. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. 2006.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jaromír Široký, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5.2016

Lucie
Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadu, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona c. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16. 5. 2016

.....
Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Turčák David

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Jindřichov 66

793 83 Jindřichov u Krnova

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jaromírovi Širokému, Ph.D. z Institutu dopravy VŠB-TU Ostrava za cenné rady a za zajištění návštěvy Drážní inspekce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Turčák, D. *Interaktivní model křížení dráhy s pozemní komunikací*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2016. 61 s. Bakalářská práce, vedoucí Ing. Jaromír Široký, Ph.D.

Bakalářská práce je zaměřena na tvorbu SW s interaktivním modelem křížení dráhy s pozemní komunikací a analýzou pohybu vozidel v prostředí Excel. V práci je nejprve popsán analytický rozbor pohybu vozidel a výpočet jednotlivých délek a dob železničního přejezdu. Další část slouží jako stručný návod ovládání SW. Poslední část tvoří zhodnocení výsledku SW.

Klíčová slova: Železniční přejezd; Microsoft Excel; Software; Analýza pohybu vozidel

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Turčák, D. *Interactive Model of Railroad Crossing with Road* Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2016. 61 p. Bachelor thesis, Thesis head: Ing. Jaromír Široký, Ph.D

This bachelor thesis is focused on creating SW with an interactive model of railroad crossing with road and analysis of the movement of vehicles in Excel. The work first describes the analysis of the movement of vehicles and the calculation of the length and time of the railway crossing. Another part serves as a brief guide to control SW. The last part is an evaluation of the outcome of SW.

Keywords: Railroad Crossing; Microsoft Excel; Software; Analysis of the movement of vehicles

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
1 Úvod	12
2 Analýza pohybu vozidel na železničním přejezdu	13
2.1 Základní pojmy	14
2.2 Nehody na železničních přejezdech	16
2.3 Označení přejezdů jedinečným číslem	17
2.4 Analýza pohybu z hlediska silničních motorových vozidel	18
2.4.1 Brzdění silničních motorových vozidel	18
2.5 Analýza pohybu z hlediska železničních kolejových vozidel	20
2.5.1 Doba přípravy	20
2.5.2 Doba účinného brzdění	21
3 Návrh modelu křížení dráhy s pozemní komunikací	25
3.2 Železniční přejezd zabezpečený pouze výstražným křížem	26
3.2.2 Rozhledové poměry	27
3.3 Železniční přejezd zabezpečen přejezdovým zabezpečovacím zařízením	29
3.3.1 Rozhledové poměry	29
3.3.2 Stanovení jednotlivých dílčích délek	30
3.3.3 Výsledné délky	33
3.3.4 Stanovení jednotlivých dílčích dob	36
3.3.5 Výsledné doby	37
4 Realizace interaktivního modelu křížení v prostředí Excel	39
4.1 Železniční přejezd	40
4.2 Železniční kolejové vozidlo	43
4.3 Parametry silničního motorového vozidla	44
4.4 Interaktivní model	45
4.5 Výpočet	46
4.6 Krokování	47
4.7 Závěrečná zpráva	47
5 Validace a verifikace navrženého modelu	48
6 Provozně technické hodnocení návrhu modelu	50
Závěr	51
Seznam použité literatury	53
Seznam obrázků	55

Seznam tabulek	56
Seznam příloh.....	57
Příloha č. 1: Závěrečná zpráva zpracována navrženým SW	58

Seznam použitých zkratk a symbolů

D_z	[m]	délka rozhledu pro zastavení SMV před ŽP
F_{Ba}	[N]	maximální brzdná síla ŽKV
$F_{Ba\ i}$	[N]	max. brzdná síla i-tého ŽKV ve vlaku
$F_{Ba\ max}$	[N]	maximální brzdná síla všech ŽKV ve vlaku
L_1	[m]	dráha v počátečním bodě intervalu
L_2	[m]	dráha v koncovém bodě intervalu
L_p	[m]	délka přibližovacího úseku
L_{pv}	[m]	rozhledová délka pro nejpomalejší SMV
L_r	[m]	rozhledová délka pro SMV
M	[jzd/24h]	dopravní moment
O_T	[N]	traťový odpor
O_{vl}	[N]	vozidlový odpor
O_z	[N]	odpor zrychlení
PK		pozemní komunikace
P_p	[pj/24h]	počet pravidelných posunů v obou směrech za 24 hodin
P_{PMD}	[pmd/24h]	průměrný počet posunů mezi dopravami v obou směrech za 24 hodin.
P_v	[vj/24h]	počet pravidelných vlakových jízd v obou směrech za 24 hodin.
PZS		přejezdové zařízení světelné
PZZ		přejezdové zabezpečovací zařízení
SMV		silniční motorové vozidlo
SŽDC		správa železniční dopravní cesty
V	[km · h ⁻¹]	rychlost ŽKV
V_1	[km · h ⁻¹]	rychlost v počátečním bodě intervalu
V_2	[km · h ⁻¹]	rychlost v koncovém bodě intervalu
V_{max}	[km · h ⁻¹]	nejvyšší dovolená rychlost SMV přes ŽP
V_s	[km · h ⁻¹]	rychlost nejpomalejšího a nejdelšího SMV
V_t	[km · h ⁻¹]	nejvyšší dovolená rychlost ŽKV v přibližovacím úseku
$V_{\bar{z}}$	[km · h ⁻¹]	traťová rychlost
ŽKV		železniční kolejové vozidlo, železniční kolejové vozidla
ŽP		železniční přejezd
a_b	[m · s ⁻²]	decelerace

$a_{m\ n}$	$[m \cdot s^{-2}]$	decelerace v n -tém intervalu
$a_{stř}$	$[m \cdot s^{-2}]$	střední hodnota decelerace
b_v	$[m]$	bezpečnostní odstup vozidla od překážky
d_1	$[m]$	délka nebezpečného pásma
d_2	$[m]$	vzdálenost osy samostatného stožáru výstražníku
d_3	$[m]$	vzdálenost sklopeného břevna závory za ŽP
d_4	$[m]$	průmět sklopeného břevna závory před ŽP
d_5	$[m]$	průmět sklopeného břevna závory za ŽP
d_6	$[m]$	vzdálenost šířky jízdního pruhu popř. jízdních pruhů za ŽP
d_7	$[m]$	vzdálenost čelních světel výstražníku od osy jeho stožáru
d_8	$[m]$	vzdálenost čela SMV od nejbližší části ŽP
d_9	$[m]$	vzdálenost sklopeného břevna závory před ŽP
d_{10}	$[m]$	průmět sklopeného břevna závory před ŽP
d_{11}	$[m]$	vzdálenost závory nebo výstražníku od hranice nebezpečného pásma
d_k	$[m]$	vzdálenost krajních os kolejí
d_n	$[m]$	vzdálenost hranic nebezpečného pásma
d_p	$[m]$	délka pásma ŽP
d_s	$[m]$	délka nejdelšího SMV popř. chodce s vozíkem
d_T	$[m]$	délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby
d_z	$[m]$	délka směrodatná pro výpočet předzváněcí doby
$d_{žp}$	$[m]$	délka ŽP
f_v	$[1]$	výpočtový součinitel brzdného tření na mokré vozovce
g_n	$[m \cdot s^{-2}]$	normální tíhové zrychlení
l_B	$[m]$	brzdná dráha
l_{pr}	$[m]$	dráha přípravy
l_s	$[voz/h]$	intenzita silničního provozu za hodinu
l_{ub}	$[m]$	dráha účinného brzdění
l_z	$[m]$	zábrzdná dráha
m_{vl}	$[kg]$	hmotnost vlaku
p_j		posunová jízda
p_{md}		posun mezi dopravními
s	$[\%]$	podélný sklon PK
s_e	$[m]$	dílčí zábrzdná dráha za dobu t_e

s_n	[m]	dílčí zábrzdňá dráha v intervalu n
s_p	[m]	šířka ŽP
s_s	[m]	celková šířka všech jízdních pruhů PK
t_1	[s]	doba postřehu a reakce řidiče SMV
t_{b1}	[s]	základní bezpečnostní doba
t_{b2}	[s]	přídavná bezpečnostní doba
t_{br}	[s]	doba plného brzdného zpomalení
t_e	[s]	doba jízdy konstantní rychlosti
t_L	[s]	přibližovací doba
t_n	[s]	doba náběhu brzdění
t_o	[s]	doba zvedání břevna závory
t_p	[s]	doba prodlevy brzd
t_{pr}	[s]	doba přípravy
t_r	[s]	doba reakce zařízení ŽP
$t_{r\check{r}}$	[s]	doba reakce
t_u	[s]	doba sklápění břevna závory
t_{u1}	[s]	doba od povelu ke sklápění břevna závory do povelu sklápění posledního břevna závory před ŽP.
t_{u2}	[s]	doba od povelu ke sklápění břevna závory za ŽP do povelu ke sklápění posledního břevna závory.
t_{ub}	[s]	doba účinného brzdění
t_v	[s]	vyklizovací doba
t_x	[s]	přídavná doba na úplné sklopení závory
t_z	[s]	předzváněcí doba pro břevno závory před ŽP
t_{zz}	[s]	předzváněcí doba pro břevno závory za ŽP
v_j		vlaková jízda
v_n	[m · s ⁻¹]	rychlost na konci vyšetřovaného intervalu n
v_o	[m · s ⁻¹]	rychlost na začátku brzdění
VOZ		vozidel
α	[°]	úhel křížení
β_1	[°]	úhel břevna závory před ŽP
β_2	[°]	úhel břevna závory za ŽP
ρ	[1]	součinitel rotujících hmot

1 Úvod

Železniční přejezdy (dále ŽP) jsou už od samého počátku vzniku železniční dopravy nejkritičtějším a nejslabším místem, co se týče zabezpečení na dráze. ŽP byly zpočátku zabezpečeny břevny závor, které ovládala pověřená osoba. Nejslabším článkem tohoto zabezpečení byl lidský faktor, proto se od začátku 20. století začaly testovat zařízení, ve kterých by do funkce zařízení nezasahoval lidský činitel, ale uvedly se do funkce samočinně jízdou železničního kolejového vozidla (dále jen ŽKV).

Výstrahu před blížícím se ŽKV k ŽP signalizovala dvě přerušovaná červená světla. V procesu modernizace těchto zařízení přibýlo pozitivní světlo – tedy třetí bílé přerušované světlo. Tato zařízení se používají dodnes, jsou však patřičně zmodernizována, aby splňovala dnešní požadavky pro zabezpečení dopravy ŽP.

Zjišťovat příčiny a okolnosti vzniku mimořádných událostí na dráhách a odstraňovat nedostatky má od roku 2013 za úkol Drážní inspekce. Jejím úkolem je minimalizovat okolnosti vedoucí k dalšímu ohrožení železniční dopravy. Před rokem 2013 tuto funkci splňovala Generální inspekce ČD.

Cílem mé práce je vytvořit software (dále SW) interaktivního modelu křížení dráhy s pozemní komunikací (dále PK), který bude sloužit k analýze pohybu vozidel na ŽP. Pomocí analýzy pohybu vozidel SW vyhodnotí místo, čas a rychlost, popř. deceleraci v místě střetu. SW provede výpočet pro zjištění jednotlivých délek a dob v přibližovacím úseku dle zadaných parametru ŽP.

Bakalářská práce se skládá ze čtyř částí. V první části jsou definovány základní pojmy, které uvádí do problematiky ŽP. Následující část věnuje teoretickému rozboru pohybu vozidel a rozdělení ŽP z pohledu zabezpečení. Třetí část slouží jako stručný návod k použití navrženého SW. V závěru mé práce se hodnotí SW z pohledu funkčnosti a využití v praxi.

Ve své práci nejčastěji vycházím z norem ČSN 34 2650 a ČSN 73 6380, ve kterých jsou podrobně rozebrány jednotlivé typy ŽP. Jako další doplňkovou literaturu jsem zvolil učební texty Jaromíra Širokého zabývající se pohybem vozidel.

2 Analýza pohybu vozidel na železničním přejezdu

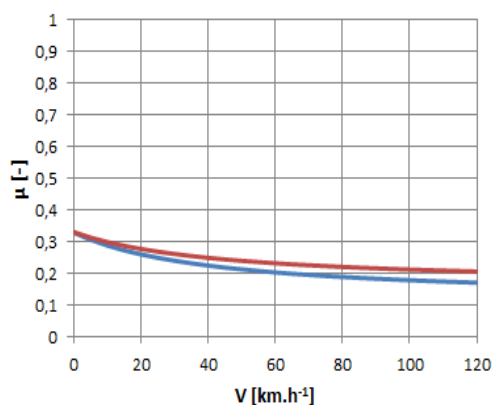
„Při křížení železniční dráhy s pozemní komunikací v úrovni kolejí má drážní doprava přednost před provozem na pozemní komunikaci.“ [8]

Jako hlavní důvod můžeme uvést skutečnost, že ŽKV kvůli svým velkým hmotnostem a malému součiniteli adheze mají delší brzdnou dráhu než silniční motorové vozidla (dále SMV). Poměr dopravní hmotnosti mezi těmito dvěma typy dopravy je 50 : 1 až 1000 : 1. [18] Železnice od svého vzniku využívá styku kolo – kolejnice (ocel – ocel). Důsledkem jsou přibližně o polovinu až třetinu menší součinitel adheze než u SMV, kde k přenosu sil dochází mezi kolem a vozovkou, jak je tomu u gumy a asfaltu.

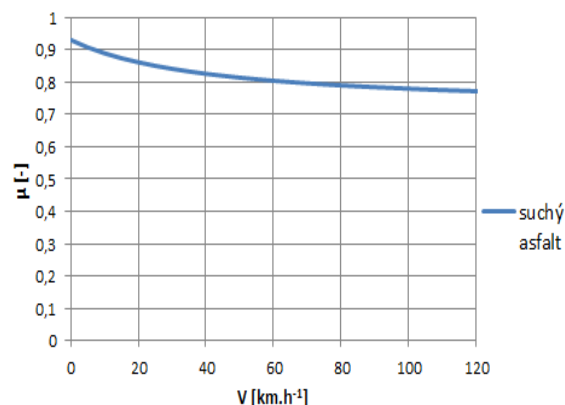
Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím brzdou vzdálenost je rozdílná náběhu maximálního brzdného zpomalení vozidel. U SMV je náběh brzdné síly v řádech desetinách vteřiny, zatímco u ŽKV uběhne i několik desítek vteřin, než dojde k maximálnímu brzdnému účinku. Tato problematika bude podrobněji rozebrána v kapitolách 2.2 a 2.3.

Součinitel adheze je bezrozměrná veličina, jež není konstantní. Jeho velikost se mění se změnou rychlosti vozidla. Mezi další faktory patří velikost a kvalita stykových ploch. [4]

Porovnání součinitele adheze u ŽKV a SMV:



Obr. 2.1: Graf styku kola – kolejnice. [4]



Obr. 2.2: Graf styku kolo – vozovka. [1]

2.1 Základní pojmy

Základní formulace pojmů v bakalářské práci je podle normy ČSN 34 2650 [7] a předpisu V15 ČD [9].

Přejezd

„Úrovňové křížení dráhy s pozemní komunikací; ve smyslu této normy se přejezdem rozumí i úrovňové křížení dráhy s komunikací pro pěší nebo cyklistické stezky.“ [7]

Přejezdové zabezpečovací zařízení (dále PZZ)

„Zařízení, které informuje uživatele PK o tom, zda se k přejezdu blíží drážní vozidlo a poskytuje informaci strojvedoucímu nebo obsluhujícímu zaměstnanci, zda lze jet k přejezdu nejvyšší dovolenou rychlostí.“ [7]

Výstraha

„Vnější projev přejezdového zařízení, kterým se uživateli pozemní komunikace zakazuje vjezd (vstup) na přejezd, popř. se mu přikazuje, aby přejezd urychleně vyklidil. Může být dávaná signalizací světelnou, zvukovou, nebo mechanickou.“ [7]

Světelná signalizace

„Signalizace dávaná signály světél výstražníků:“

- a) Pozitivní signál- přerušované bílé světlo;*
- b) Výstražný signál - přerušovaná červená světla;*
- c) Varovný signál- žádné ze světél nesvítí;“ [7]*

Zvuková signalizace

„Signalizace dávaná specifickým akustickým signálem.“ [7]

Mechanická signalizace

„Signalizace dávaná polohou břevna závory:“

- a) Výstražný signál – břevno závory je ve sklopené poloze, nebo se sklápí či zvedá*
- b) Varovný signál – břevno závory je v horní koncové poloze“ [7]*

Hranice nebezpečného pásma

„Prostor na PK, ohraničený svislými plochami vedenými rovnoběžně s osami vnějších kolejí ve vzdálenosti 2,5 m na vnější stranu ŽP.“ [7]

Přejezdová zařízení světelná (dále PZS)

„Je přejezdové zařízení, u kterého je základní výstraha dávaná světlem. Ovládaní světelné výstrahy a doplňkových výstrah je elektrické. Obvykle je závislé na jízdě drážního vozidla.“ [7]

Brzdná dráha

„Je dráha, kterou při snižování rychlosti brzdění projede ŽKV mezi dvěma různými rychlostmi.“ [9]

Zábrzdná dráha

„Je délka, kterou projede ŽKV od okamžiku přestavení brzdiče do polohy brzdění až do okamžiku úplného zastavení.“ [9]

Rychločinné brzdění

„Je stav, kdy hlavní potrubí bylo z provozního stavu velmi rychle vyprázdněno. Velikost brzdicího účinku při rychločinném zabrzdění je stejná jako při úplném provozním zabrzdění, ale s kratší dobou dosažení jeho maximální hodnoty“ [9]

PZS doplněna závorami

Je přejezdové zařízení, u kterého je základní světelná výstraha doplněna celými nebo polovičními závorami.

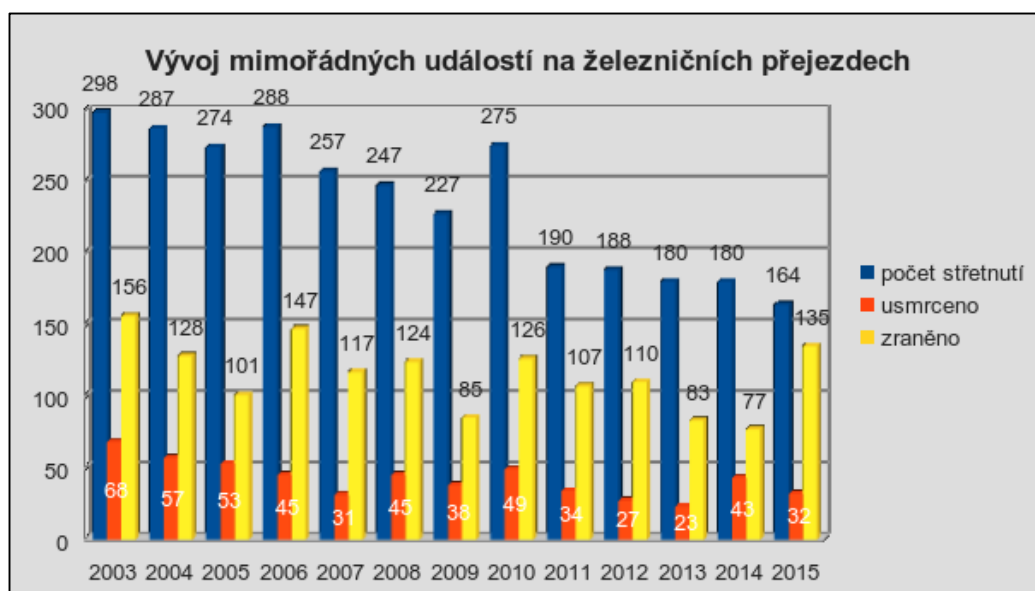
PZS se sekvenčními závorami

Je přejezdové zařízení, u kterého je základní světelná výstraha doplněna o postupně sklápěná čtyřkvadrantová břevna závor.

2.2 Nehody na železničních přejezdech

Drážní inspekce od roku 2003 vydává statistiky o mimořádných událostech na ŽP. Uvádí, že nejčastější příčinou střetu je vjezd SMV na ŽP v době, kdy to zákon nepovoluje. V roce 2010 zaznamenala Drážní inspekce kritický nárůst nehod, např. 25. listopadu se stalo o 9 nehod více než v předchozím roce 2009. Konečné číslo se zastavilo na 275 střetnutí.

Počet střetnutí ŽKV s účastníky silničního provozu v posledních letech klesá, ke změně nedošlo ani v roce 2015, kdy se zaznamenalo celkem 164 střetnutí. Tyto srážky si vyžádaly mnoho zraněných osob. Počet zraněných je nejvyšší za posledních 9 let, celkem 135 osob. Z toho vyplývá, že se minulý rok staly nehody s mnoha počty zraněných. Nejvíce osob bylo zraněno při neštěstí na ŽP ve Studénce, kde zaregistrovali 22 zraněných osob. Dohromady přišlo o život na ŽP celkem 32 lidí, což je o 25 % méně než v roce 2014.



Obr. 2.3: Graf vývoje mimořádných událostí na ŽP. [14]

Stejně jako v předchozím roce se nejvíce nehod událo na PZS bez závor, kde bylo nejvíce osob usmrceno i zraněno. U PZS se závorami bylo 11 usmrcených osob, v 8 případech se jednalo o chodce nebo cyklisty, kteří vědomě nerespektovali výstrahu a podlézali břevna závor.

Tab. 2.1: Počet nehod a jejich následků podle typu zabezpečení ŽP. [14]

zabezpečení ŽP	počet střetnutí	usmrceno	zraněno
výstražné kříže	69	8	20
světelná signalizace	72	13	88
světelná signalizace se závorami	27	11	27
mechanické závor	1	0	0
Celkem	169	32	135

Organizace zajišťující bezpečnost drážní dopravy navrhly kroky ke snížení počtu nehod na ŽP. Nabízejí se tyto možnosti: [10]

- omezit budování PZS bez závor, připustit je při traťové rychlosti do 120 km/h, např. pouze na chodnicích, cyklistických stezkách nebo na místních a účelových komunikacích v případech nízkých traťových rychlostí.
- na PZS se závorami instalovat poloviční závory nebo sekvenční závory, aby již nedocházelo k uzavření vozidel mezi závorami.
- vybavit ŽP detekci překážek.
- pomocí systému národního vlakového zabezpečovače ETCS měnit délku přibližovacího úseku podle skutečné rychlosti vlaku.
- nahrazení ŽP mimoúrovňovým křížením

2.3 Označení přejezdů jedinečným číslem

Dne 1. srpna 2009 SŽDC označila ŽP jedinečným číslem, aby omezila počet dalších střetnutí SMV s vlaky pomocí snazší identifikace ŽP. Prvotním impulsem pro označení ŽP se stala nehoda dne 19. března 2007 ve Vraňanech. Zde došlo na ŽP ke střetu vlaku s uvíznutým SMV. Kvůli špatné identifikaci ŽP zaměstnanec drah zastavil provoz na jiné trati, než na které se nacházel SMV. [11]

Metodika označení

Každý ŽP na dráze celostátní a na drahách regionálních ve vlastnictví státu v právu hospodaření SŽDC má přidělené alfanumerické číslo. V takovém případě se jedná o tvar čísla P1 až P9000. V případě ŽP na regionální dráze nevlastněné státem se jedná o čtyřmístné číslo ve tvaru P9001 až P9999. Je-li ŽP na vlečce má tvar pětímístného čísla P10000 až P99999. [12]



Obr. 2.4: Umístění čísla na výstražníku PZS.



Obr. 2.5: Umístění čísla na výstražném kříži.

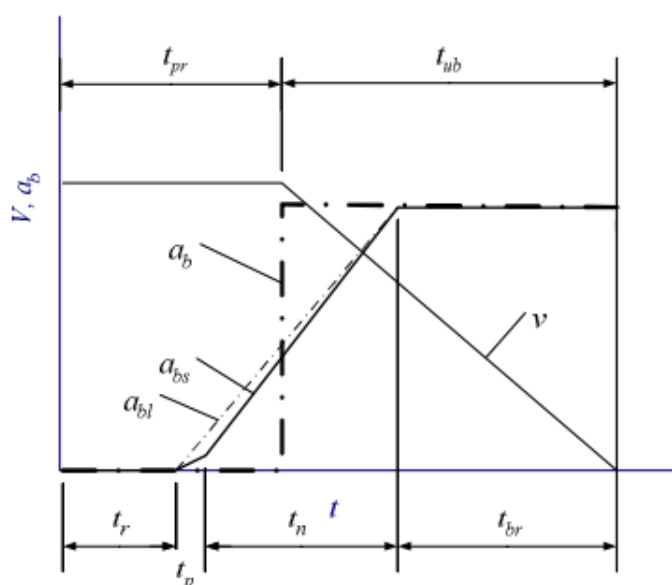
2.4 Analýza pohybu z hlediska silničních motorových vozidel

Předpis 361/2000 Sb. [6] upravuje pohyb účastníků silničního provozu před ŽP nebo v těsné blízkosti za ním.

2.4.1 Brzdění silničních motorových vozidel

Problematicke zkoušení a schvalování brzd u SMV se věnuje mezinárodní předpis EHK č. 13H.

Při brzdění dochází ke snižování rychlosti SMV nebo jeho úplnému zastavení. Při výpočtech jsou zanedbány odpory proti pohybu. Velikost brzdného zpomalení je vyjádřena pomocí decelerace.



Obr. 2.6: Grafické znázornění průběhu brzdného zpomalení SMV. [5]

Zábrzdna dráha je dána vztahem: [5]

$$l_z = l_{pr} + l_{ub} = v_0 \cdot t_{pr} + \frac{1}{2} |a_b| \cdot t_{ub}^2 \quad [\text{m}] \quad (2.1)$$

kde:

a_b	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$	decelerace
l_{pr}	$[\text{m}]$	dráha přípravy
l_{ub}	$[\text{m}]$	dráha účinného brzdění
t_{pr}	$[\text{s}]$	doba přípravy
t_{ub}	$[\text{s}]$	doba účinného brzdění
v_0	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	rychlost na začátku brzdění

Decelerace

Jedná se o pohyb SMV, které v čase snižuje svou okamžitou rychlost. Snížení rychlosti je většinou vyvoláno brzděním nebo nárazem do překážky. Minimální hodnoty decelerace pro plně zatížené vozidlo na suché vozovce jsou určeny následovně: [19]

- Osobní automobil $a_b \geq 5,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Autobus $a_b \geq 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Nákladní automobily a tahače $a_b \geq 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Doba přípravy

Doba od okamžiku zpozorování podnětu pro brzdění do okamžiku, kdy SMV dosáhlo plného brzdného zpomalení. Uvažujeme pohyb s konstantní rychlostí bez brzdných účinků na SMV. [5]

$$t_{pr} = t_{rř} + \frac{t_p + t_n}{2} \text{ [s]} \quad (2.2)$$

kde:

$t_{rř}$	[s]	doba reakce
t_p	[s]	doba prodlevy brzd
t_n	[s]	doba náběhu brzdění

Doba reakce – časový interval od okamžiku přijetí podnětu k brzdění až do okamžiku silového působení na brzdovou soustavu.

Doba prodlevy brzd – časový interval potřebný k vymezení vůlí v brzdovém mechanismu a následnému dosednutí brzdových segmentů na sebe. Bereme v potaz hodnotu 0,05 s pro hydraulický a 0,15 s pro pneumatický brzdový systém.

Doba náběhu brzdění – doba, během níž dojde k dosažení maximálního brzdného zpomalení. Pro výpočet uvažujeme 0,15 s pro hydraulický a 0,2 s pro pneumatický brzdový systém.

Doba účinného brzdění

Doba, při níž působí na SMV plné brzdné zpomalení. [5]

$$t_{ub} = \frac{t_p + t_n}{2} + t_{br} \text{ [s]} \quad (2.3)$$

kde:

t_{br}	[s]	doba plného brzdného zpomalení
----------	-----	--------------------------------

2.5 Analýza pohybu z hlediska železničních kolejových vozidel

Pohyb ŽKV před ŽP upravuje zákon SŽDC D1 - Dopravní a návěštní předpis.

V železniční dopravě na celém světě se využívají tzv. průběžné pneumatické brzdy. [3] Jedná se o realizaci složitého procesu, který v rámci této práce nebude podrobně rozebrán, ale pouze stručně charakterizován. Problematiku brzdění ŽKV popisuje předpis V15 o provozování a obsluze brzdových zařízení ŽKV.

2.5.1 Doba přípravy

Doba, během níž dochází k náběhu brzdného účinku ŽKV. Pro zjednodušení výpočtu uvažujeme, že ŽKV jede konstantní rychlostí a nepůsobí na něj žádný brzdný účinek.

Problematiku brzdění ŽKV popisuje předpis V15 o provozování a obsluze brzdových zařízení ŽKV [9].

Požadavky na ŽKV v osobní dopravě s rychlým vývinem brzdného účinku jsou vypsány v (Tab. 2.2).

Tab. 2.2: Požadavky na ŽKV. [9]

stanovená rychlost [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$]	režim brzdění
161 nebo vyšší	R + Mg
90 až 160	R + Mg nebo R (P)
89 nebo nižší	P, R, (R+Mg)

Z důvodu bezpečnosti jsou vždy zapnuty brzdy s největším brzdným účinkem.

Režim brzdění:

U režimu „R“ a „P“ se jedná o I. způsob brzdění tzv. brzdy s rychlým vývinem brzdícího účinku. Tímto typem brzdění musí být vždy brzděny vlaky osobní dopravy. Režim „G“ je II. způsob brzdění tzv. brzdy s pomalým vývinem brzdícího účinku. Tento typ se využívá u nákladní dopravy. Doby plnění a vyprazdňování brzdových válců jsou uvedeny v (Tab. 2.3).

Tab. 2.3: Režim brzdění [9]

režim brzdění	doba plnění [s]	doba vyprazdňování [s]
G	18 - 30 u starších až 45	45 - 60
P	6 - 10	15 - 20
R	3 - 6	15 - 20

Při rychlostech vyšších než $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ v režimu R patří k dobám plnění, vyprazdňování i režim brzdění R+Mg, u kterého v případě rychločinného brzdění zaúčinkují i magnetické kolejnicové brzdy ŽKV. [9]

Elektropneumatické brzdy:

Jedná se o nastavbu klasické pneumatické brzdy, kde vozy jsou propojeny tzv. UIC kabelem. Dochází zde téměř k současnému účinkování brzd na celé soupravě. ŽKV vybavené elektropneumatickou brzdou jsou označeny značkou „ep“. Doby plnění a vyprazdňování brzdových válců jsou uvedeny v (Tab. 2.4).

Tab. 2.4: Elektropneumatické brzdy. [9]

režim brzdění	doba plnění [s]	doba vyprazdňování [s]
G	3 - 6	7 - 12
P, R	3 - 5	7 - 12

2.5.2 Doba účinného brzdění

Jedná se o dobu od naplnění brzdových válců na požadovaný tlak do doby jejich vyprázdnění. Jsou vyvíjeny brzdné síly proti pohybu.

Určení hodnoty decelerace z registračního rychloměru ŽKV:

- **Záznam rychlosti pohybu**

Registrační zařízení

Zařízení, jímž musí být vybaveno každé hnací ŽKV a speciální hnací vozidlo s rychlostí vyšší než 40 km/h na celostátních a regionálních drahách.

Registrační rychloměr registruje:

- rychlost v závislosti na ujeté dráze
- dobu stání a jízdy
- čas
- obsluhu tlačítka bdělosti vlakového zabezpečovače nebo zařízení pro kontrolu bdělosti strojvedoucího
- doplňkové veličiny podle typu rychloměru.

- **Metodika určení decelerace z výstupu registračního rychloměru:**

Z výstupu registračního rychloměru je pro výpočet důležitý parametr **rychlosti v závislosti na ujeté dráze**, která je zaznamenávána pomocí spojitě křivky (stopy) v pravoúhlém souřadném systému, kde rychlost je na ose y a ujetá vzdálenost na ose x. Rozdělíme-li křivku na intervaly ohraničené krajními body, vypočítáme střední hodnotu decelerace na daném intervalu ze vztahu: [17]

$$a_{stř} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3,6^2} \cdot \frac{V_2^2 - V_1^2}{L_2 - L_1} \cdot 10^{-3} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (2.4)$$

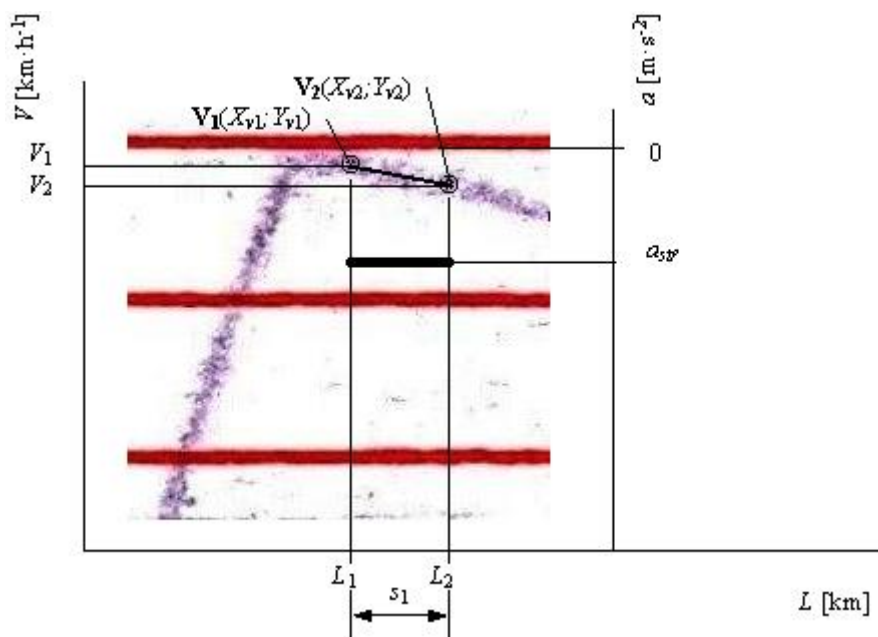
kde:

V_1 $[\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]$ rychlost v počátečním bodě intervalu

V_2 $[\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]$ rychlost v koncovém bodě intervalu

L_1 $[\text{km}]$ dráha v počátečním bodě intervalu

L_2 $[\text{km}]$ dráha v koncovém bodě intervalu



Obr. 2.7: Ukázka výpočtu střední hodnoty decelerace. [17]

Určení hodnoty decelerace: [4]

- **Výpočet součinitele adheze:**

Podle Kothera:

$$\mu_b = \left(\frac{9000}{V + 42} + 116 \right) \cdot 10^{-3} \quad [1] \quad (2.5)$$

kde:

V [km · h⁻¹] rychlost ŽKV

Podle Curtius-Knifflera:

$$\mu_b = \left(\frac{7500}{V + 44} + 161 \right) \cdot 10^{-3} \quad [1] \quad (2.6)$$

- **Výpočet brzdné síly v případě adhezních brzd**

$$F_{Ba} = G'_{ba} \cdot \mu_b \quad [N] \quad (2.7)$$

kde:

G'_{ba} [N] tíha ŽKV připadající na brzděné dvojkolí

- **Maximální brzdná síla všech vozidel:**

$$F_{Ba \max} = \sum F_{Bav} \quad [N] \quad (2.8)$$

kde:

F_{Bav} [N] max. brzdná síla v-tého ŽKV ve vlaku

- **Brzdná dráha:**

$$l_B = \frac{m_{vl} \cdot (1 + \rho) \cdot (v_1^2 - v_2^2)}{2 \cdot (F_{Bmax} + O_{vl} + O_T + O_Z)} \quad [m] \quad (2.9)$$

kde:

m_{vl} [kg] hmotnost vlaku

ρ [1] součinitel rotujících hmot

v_0 [m · s⁻¹] rychlost na začátku brzdění

v_1 [m · s⁻¹] rychlost na konci brzdění

O_{vl} [N] vozidlový odpor

O_T [N] traťový odpor

O_Z [N] odpor zrychlení

- **Decelerace:**

$$a_{stř} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot l_B} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (2.10)$$

Výpočet metodou stupňů zpomalování ŽKV

Jedná se o metodu, při níž celkovou dobu účinného brzdění rozdělíme do několika intervalů (úseků), kde je rozdílná hodnota decelerace. Zejména při střetu se SMV dochází k vlečení vozidla po kolejovém svršku, což má za důsledek navýšení hodnoty decelerace.

Celkovou zábrzdnu dráhu stanovíme podle vztahu: [2]

$$s_b = s_e + s_1 + s_2 + \dots + s_{n-1} + s_n \quad [\text{m}] \quad (2.11)$$

$$s \cong v_0 \cdot t_e + \frac{v_0^2 - v_1^2}{2a_{m1}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a_{m2}} + \dots + \frac{v_{n-2}^2 - v_{n-1}^2}{2a_{m(n-1)}} + \frac{v_{n-1}^2}{2a_{mn}} \quad [\text{m}] \quad (2.12)$$

kde:

t_e [s] doba jízdy konstantní rychlostí

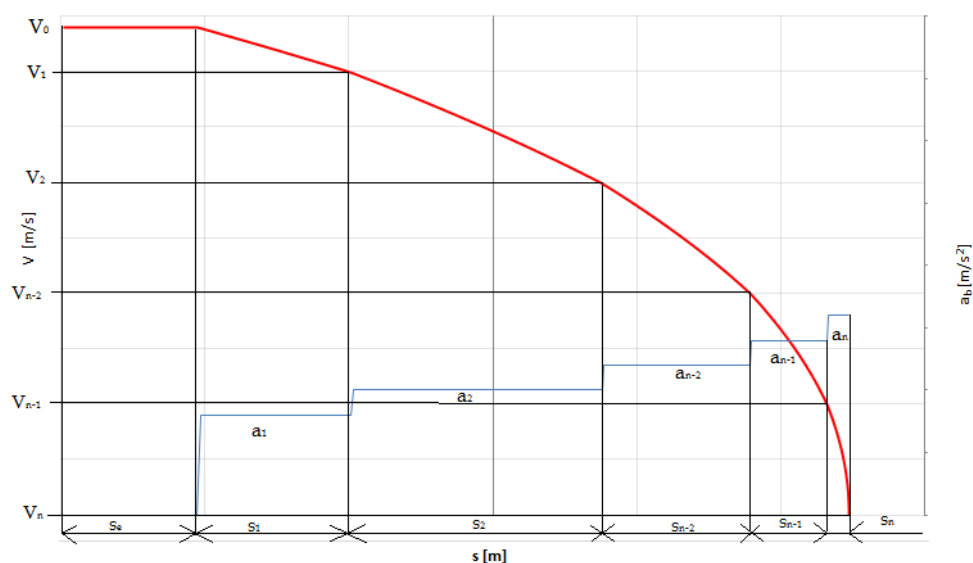
s_e [m] dílčí zábrzdna dráha za dobu t_e

s_n [m] dílčí zábrzdna dráha v intervalu n

v_n [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] rychlost na konci vyšetřovaného intervalu n

v_0 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] rychlost na začátku brzdění

a_{mn} [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] decelerace v n -tém intervalu



Obr. 2.8: Stupně zpomalování ŽKV. [2]

3 Návrh modelu křížení dráhy s pozemní komunikací

Každý ŽP musí být označen svislou dopravní značkou A 32 (výstražný kříž). Pokud je ŽP doplněn o světelné zabezpečovací zařízení, umísťuje se výstražník pod výstražný kříž. V případě, že není vzájemný styk PK s dráhou označen dopravní značkou, nejedná se o ŽP. Za takových podmínek je přísně zakázáno přejíždět nebo přecházet dráhu.

Celá kapitola je sepsaná podle norem [7], [8].

Dopravní intenzita

Dopravní intenzita ŽP je hlavním měřítkem vytížení ŽP vyjádřená dopravním momentem. Dopravní moment ŽP se vypočítá dle vzorce: [8]

$$M = 10 \cdot l_s \cdot (P_v + P_p + P_{PMD}) \quad [\text{jízd}/24\text{h}] \quad (3.1)$$

kde:

l_s [voz/h] intenzita silničního provozu za hodinu

P_v [vj/24h] počet pravidelných vlakových jízd v obou směrech za 24 hodin

P_p [pj/24h] počet pravidelných posunů v obou směrech za 24 hodin

P_{PMD} [pmd/24h] průměrný počet posunů mezi dopravami v obou směrech za 24 hodin

Postup výpočtu intenzity silničního provozu pro silnice je podrobněji popsán v ČSN 73 6101, způsob výpočtu intenzity pro místní komunikace pak v ČSN 73 6110.

3.2 Železniční přejezd zabezpečený pouze výstražným křížem

U tohoto typu ŽP si musí účastník silničního provozu počínat zvlášť opatrně a přesvědčit se, zda se k ŽP neblíží žádné ŽKV, neboť se zde nevyskytuje zařízení pro kontrolu jízdy ŽKV.



Obr. 3.1: ŽP zabezpečen pouze výstražným křížem doplněný o dopravní značku P6.

Dle normy ČSN 73 6380 [8] je zakázáno projektovat ŽP zabezpečené pouze výstražným křížem v uvedených případech:

- na dvoukolejných (vícekolejných) tratích nebo na souběžích tratích, kde jsou na ŽP nebo v jeho blízkosti možné současné jízdy ŽKV
- na tratích, kde je stanovena rychlost provozovatelem v přibližovacím úseku dráhy vyšší než $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- je-li dopravní moment ŽP $M > 10^4$ průjezdů vozidel za 24 hodin
- nejsou-li zajištěny správné rozhledové poměry
- v obtížných místních poměrech.

3.2.2 Rozhledové poměry

„Železniční přejezd zabezpečený pouze výstražným křížem musí být nerušený rozhled na dráhu, tj. na čelo drážního vozidla (alespoň na jeho horní část přechínající 2 m nad temeny kolejnic), z výše 1,0 m nad vozovkou, a to zároveň:“ [8]

- v rozhledovém poli pro řidiče SMV
- v rozhledovém poli pro řidiče nejpomalejšího SMV.

Rozhledové pole leží v každém kvadrantu a má tvar trojúhelníku. Průsečík osy PK a dráhy tvoří jeden vrchol trojúhelníku. Druhý vrchol je v ose PK o vzdálenost délky rozhledu D_z , třetí vrchol leží v ose kolejí o vzdálenost rozhledové délky (Tab. 3.1, 3.2)

Délka rozhledu pro zastavení SMV před ŽP, se stanoví: [8]

$$D_z = \frac{t_1 \cdot V_{max}}{3,6} + \frac{V_{max}^2}{2g_n \cdot 3,6^2 \cdot (f_v \pm 0,01s)} + b_v \text{ [m]} \quad (3.2)$$

kde:

t_1	[s]	doba postřehu a reakce řidiče
V_{max}	[km · h ⁻¹]	nejvyšší dovolená rychlost SMV přes ŽP
g_n	[m · s ⁻²]	normální tíhové zrychlení
f_v	[1]	výpočtový součinitel brzdného tření na mokré vozovce
s	[%]	podélný sklon PK (+PK směrem k ŽP stoupá, - PK směrem k ŽP klesá)
b_v	[m]	bezpečnostní odstup SMV od překážky

Hodnoty doby reakce řidiče a výpočtový součinitel brzdného tření na mokré vozovce jsou v ČSN 73 6380.[8]

Tab. 3.1: Rozhledová délka pro SMV při $V_{\max} = 30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. [8]

		$V_{\Sigma} [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]$					
		10	20	30	40	50	60
doporučená pro silnice i místní komunikace	$L_r [\text{m}]$	16	32	48	64	81	97
nejmenší pro silnice a místní komunikace funkčních skupiny A a B		12	24	36	48	60	72
nejmenší pro místní komunikace funkční skupiny C a funkční třídy D1		11	21	32	42	53	63

Tab. 3.2: Rozhledová délka pro nejpomalejší SMV. [8]

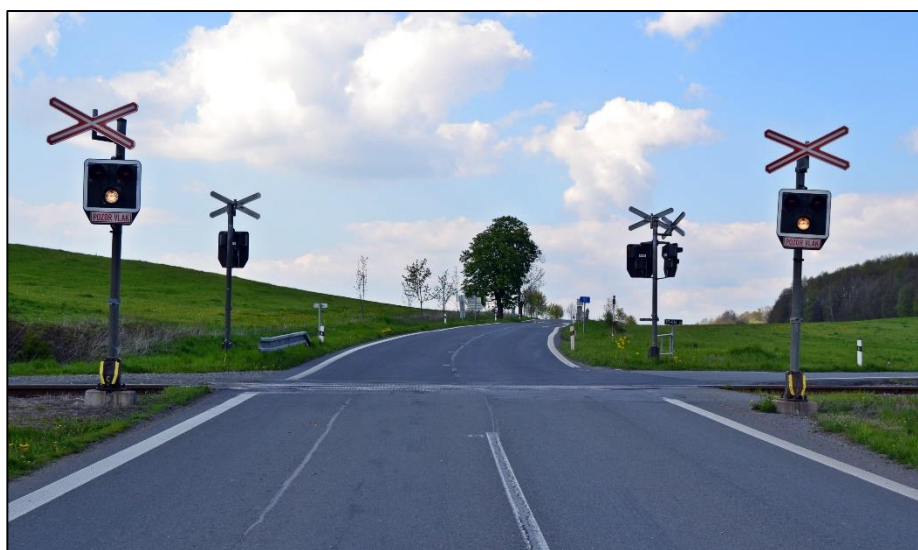
		$V_{\Sigma} [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]$					
úhel křížení $\alpha [^\circ]$		10	20	30	40	50	60
90	$L_{pv} [\text{m}]$	57	114	171	228	285	342
80		58	115	172	229	287	344
70		58	116	174	232	290	348
60		60	119	178	237	296	355
50		61	122	183	244	305	366
45		63	125	188	250	312	375

V případě, že je výstražný kříž doplněn o dopravní značku P6 (Stůj, dej přednost v jízdě!), se rozhledové pole zajišťuje jen pro nejpomalejší SMV (Tab. 3.2)

3.3 Železniční přejezd zabezpečen přejezdovým zabezpečovacím zařízením

Jedná se o ŽP vybavený zařízením pro varování účastníků silniční PK pomocí výstrahy na to, že se k ŽP blíží ŽKV. Výstraha může být světelná, zvuková a mechanická. U jednotlivých ŽP je stanoveno, zda je výstraha základní či jen doplňková.

Tato podkapitola, ani výsledný model necharakterizuje ŽP, kde je dávana základní výstraha pouze závorovými břevely, protože se v České republice nachází jen 359 (informace aktuální ke dni 31. 12. 2014 [15]) takto zabezpečených ŽP a nově budovat je dovoleno jen v ojedinělých případech. V těchto případech jsou místně uzamykatelné a otevírají se na požádání.



Obr. 3.2: ŽP zabezpečený PZS bez závor.

3.3.1 Rozhledové poměry

U tohoto typu ŽP nemusí být zajištěn rozhled na dráhu, ale na výstražník, popř. závorové břevo. U PZS je konstrukce výstražníku provedena tak, aby viditelnost světel byla zajištěna z PK, a to ve vodorovné rovině v úhlu $\pm 90^\circ$ a svislé rovině v úhlu $\pm 20^\circ$. Délka rozhledu je popsána v (Tab. 3.3).

Tab. 3.3: Rozhledová délka pro zastavení SMV. [8]

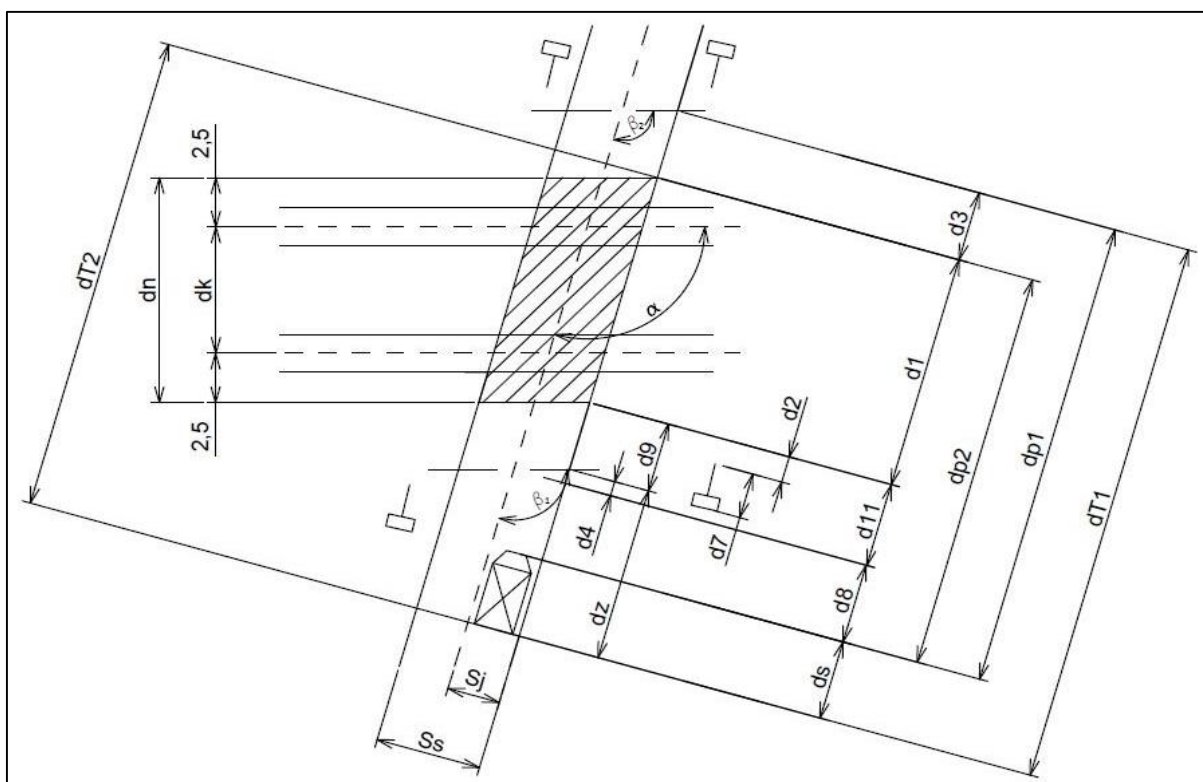
Silnice a místní komunikace	V_{\max} [km · h ⁻¹]	50	30
Funkční skupiny A a B	[m]	40	35
Funkční skupiny C a D1	[m]	20	15

Při poruše PZZ musí být zajištěn rozhled jako u ŽP zabezpečeného pouze výstražným křížem pro rychlost ŽKV $V_z = 10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

3.3.2 Stanovení jednotlivých dílčích délek

Výchozí dílčí délky slouží k určení polohy základních prvků ŽP. Jak je již zřejmé z (Obr. 3.3) všechny dílčí délky s výjimkou d_k a d_n jsou průmětem do vnějšího okraje jízdního pruhu PK ve směru jízdy SMV. Dále již u popisu jednotlivých vzdáleností nebudu uvádět, že se jedná o průmět do vnějšího okraje jízdního pruhu ve směru jízdy SMV. V případě, že z jednotlivých délek d_1 až d_{11} jsou z každé strany rozdílné, je potřeba výpočet provést pro obě strany ŽP a do rovnic pro stanovení jednotlivých dob dosadit větší hodnoty.

Metodika výpočtu jednotlivých délek a dob se bude vztahovat jen pro přibližovací úsek ŽP pro danou kolej.



Obr. 3.3: ŽP s tupým úhlem křížení. [7]

- a) Vzdálenost os krajních kolejí. Je-li ŽP jednokolejný, stanoví se:

$$d_k = 0 \text{ m}$$

- b) Délka nebezpečného pásma.

$$d_1 = \frac{d_k + 5}{\sin \alpha} \text{ [m]} \quad (3.3)$$

- c) Vzdálenost osy samostatného stožáru výstražníku před ŽP od hranice nebezpečného pásma.

$$d_2 \geq \frac{1,5}{\cos(90 - \alpha)} \text{ [m]} \quad (3.4)$$

- d) Vzdálenost sklopeného břevna závory za ŽP od hranice nebezpečného pásma.

$$d_3 \geq \frac{1,5}{\cos(90 - \alpha)} \text{ [m]} \quad (3.5)$$

Pokud není za ŽP jízdní pruh přehrazován závorou, stanoví se:

$$d_3 = 0 \text{ m}$$

- e) Vzdálenost průsečíku roviny sklopeného břevna závory před ŽP se středovým dělicím pásem PK a průsečíku této roviny s vnějším okrajem PK.

- Pro $\beta_1 > 90^\circ$ platí:

$$d_4 = s_j \cdot \tan(\beta_1 - 90) \text{ [m]} \quad (3.6)$$

- Pro $\beta_1 \leq 90^\circ$ platí:

$$d_4 = 0 \text{ m}$$

- f) Vzdálenost průsečíku roviny sklopeného břevna závory za ŽP se středovým dělicím pásem PK a průsečíku této roviny s vnějším okrajem PK.

- Pro $\beta_2 > 90^\circ$ platí:

$$d_5 = 0 \text{ m}$$

- Pro $\beta_2 \leq 90^\circ$ platí:

$$d_5 = s_j \cdot \tan(90 - \beta_2) \text{ [m]} \quad (3.7)$$

- g) Vzdálenost šířky jízdního pruhu popř. jízdních pruhů za ŽP.

- Pro $\alpha < 90^\circ$ platí:

$$d_6 = s_j \cdot \tan(90 - \alpha) \text{ [m]} \quad (3.8)$$

- Pro $\alpha \geq 90^\circ$ nebo jsou-li jízdní pruhy za ŽP přehrazeny závorou, platí:

$$d_6 = 0 \text{ m}$$

- h) Vzdálenost čelních světel výstražníku od osy jeho stožáru měřena ve směru PK. Pro výstražníky, kde čelní plocha světel je ve vzdálenosti 0–0,5 m od osy stožáru výstražníku, se stanoví:

$$d_7 = 0 \text{ m}$$

Pro výstražníky, kde čelní plocha světel je ve vzdálenosti 0,5–1,5 m od osy stožáru.

$$d_7 = 1 \text{ m atd.}$$

- i) Vzdálenost čela SMV od nejbližší části závor, zasahuje-li před výstražník. U ŽP s ostrým úhlem křížení od čelní plochy světel výstražníku.

$$d_8 = 1 \text{ m}$$

- j) Vzdálenost sklopeného břevna závory před ŽP od hranice nebezpečného pásma:

$$d_9 \geq \frac{1,5}{\cos(90 - \alpha)} \text{ [m]} \quad (3.9)$$

Pokud není před ŽP jízdní pruh přehrazován závorou:

$$d_9 = 0 \text{ m}$$

- k) Vzdálenost průsečíku roviny sklopeného břevna závory před ŽP se středovým dělicím pásem PK a průsečíku této roviny s vnějším okrajem PK:

- Pro $\beta_1 > 90^\circ$ platí:

$$d_{10} = s_j \cdot \tan(90 - \beta_1) \text{ [m]} \quad (3.10)$$

- Pro $\beta_1 \leq 90^\circ$ platí:

$$d_{10} = 0 \text{ m}$$

U ŽP vybavených PZS se závorami se doporučuje, aby vzdálenost čelních ploch světel byla větší než vzdálenost části sklopeného břevna od hranice nebezpečného pásma. Jinak se musí na PK vyznačit místo zastavení SMV pomocí příčné souvislé čáry (V 5)



Obr. 3.4: Příčná souvislá čára. [20]

l) Vzdálenost nejvzdálenější části výstražníku nebo závory od hranice nebezpečného pásma.

- Pro ŽP bez závor a se závorami:

$$d_2 + d_7 \geq d_4 + d_9 \text{ se stanoví } d_{11} = d_2 + d_7 \text{ [m]} \quad (3.11)$$

- Pro ŽP se závorami:

$$d_2 + d_7 < d_4 + d_9 \text{ se stanoví } d_{11} = d_4 + d_9 \text{ [m]} \quad (3.12)$$

m) Délka nejdelšího SMV připuštěného k provozu na PK vedené přes ŽP. Obvykle se bere:

- U ŽP:

$$d_s = 22 \text{ m}$$

- U přechodu nebo křížení s cyklistickou stezkou:

$$d_s = 3 \text{ m}$$

3.3.3 Výsledné délky

a) Šířka ŽP

Šířka ŽP se měří k ose koleje a jedná se o vzdálenost průsečíku této osy s vnějšími okraji PK na ŽP.

$$s_p = \frac{s_s}{\sin \alpha} \text{ [m]} \quad (3.13)$$

kde:

s_s [m] celková šířka všech jízdních pruhů

α [°] úhel křížení

b) Délka pásma ŽP

Vzdálenost, kde se nesmí nacházet účastník provozu na PK v době jízdy ŽKV.

- Je-li za ŽP závora:

$$d_{p1} = d_1 + d_3 + d_5 + d_8 + d_{11} \text{ [m]} \quad (3.14)$$

- Není-li za ŽP závora:

$$d_{p2} = d_1 + d_6 + d_8 + d_{11} \text{ [m]} \quad (3.15)$$

Je-li $d_p \leq 25,5$ m, při dalším výpočtu PZZ se počítá s délkou nejdelšího SMV $d_s = 22$ m.

Při $d_p > 25,5$ m se dále počítá s cyklistou nebo chodcem s vozíkem $d_s = 3$ m.

Je-li ŽP vybaven polovičními závorami a závora přehrazuje i chodník nebo cyklistickou stezku tak, že z pohledu pohybu chodce (cyklisty) je závora až za ŽP, je nutné v dalších krocích při výpočtu vyklizovací a přibližovací doby postupovat jako u celých závor.

c) **Délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby**

Vzdálenost od konce SMV nebo chodce popř. cyklisty před ŽP k nejvzdálenější části ŽP, kterou musí bezpečně opustit.

$$d_T = d_p + d_s \text{ [m]} \quad (3.16)$$

d) **Délka směrodatná pro výpočet předzváněcí doby**

- Pro ŽP s polovičními nebo sekvenčními závorami se počítá vzdálenost, kdy SMV mine celou svou délkou břevno závory před ŽP.

$$d_Z = d_s + d_8 - d_9 + d_{10} + d_{11} \text{ [m]} \quad (3.17)$$

- Pro ŽP s celými závorami nebo pro závora za ŽP u sekvenčního sklápění je shodná se směrodatnou délkou pro výpočet vyklizovací doby.

$$d_Z = d_T \text{ [m]} \quad (3.18)$$

e) **Délka přibližovacího úseku**

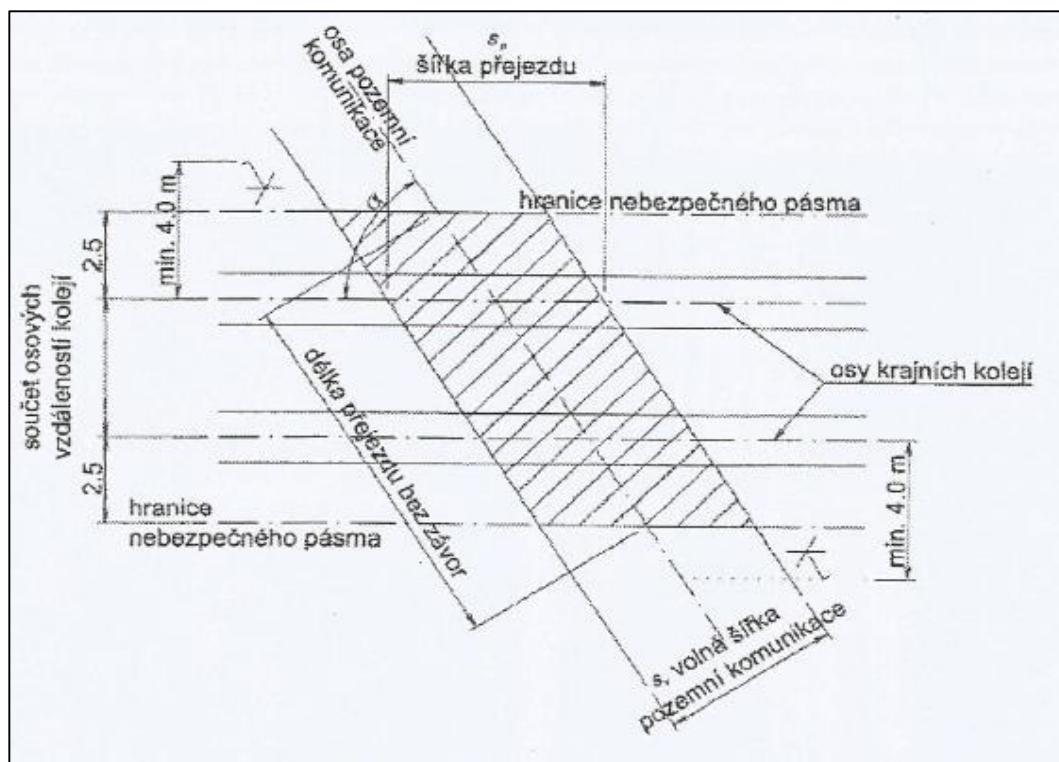
Vzdálenost, kterou musí urazit ŽKV jedoucí nejvyšší dovolenou rychlostí od začátku výstrahy do doby, kdy smí čelo ŽKV vjet na ŽP.

$$L_P = \frac{V_t \cdot t_L}{3,6} \text{ [m]} \quad (3.19)$$

f) **Délka ŽP**

- U ŽP bez závor se jedná o vzdálenost průsečíku osy PK s hranicemi nebezpečného pásma.

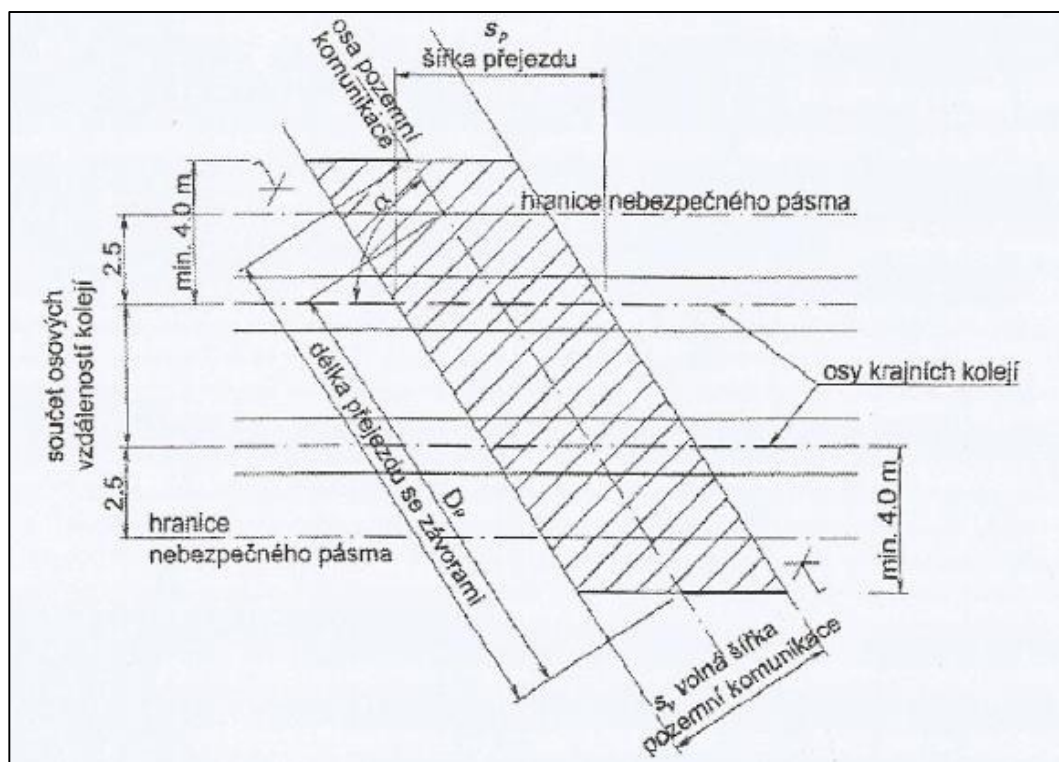
$$d_{ŽP} = \frac{dn}{\sin \alpha} \text{ [m]} \quad (3.20)$$



Obr. 3.5: Délka ŽP bez závor. [8]

- U ŽP se závorami se jedná o vzdálenost průsečíku osy PK se závorovými břevny.

$$d_{\text{ŽP}} = \frac{dn + d_9 + d_3}{\sin \alpha} \quad [\text{m}] \quad (3.21)$$



Obr. 3.6: Délka ŽP se závorami. [8]

3.3.4 Stanovení jednotlivých dílčích dob

- a) Doba reakce zařízení:

$$t_r = 1 \text{ s}$$

- b) Doba sklápění, zvedání břevna závory:

Doba od povelu ke sklápění do okamžiku dosáhnutí dolní koncové polohy. U zvedání břevna se jedná o dobu od povelu ke zvedání do okamžiku základní výchozí polohy. Není-li stanoveno jinak, pak se do výpočtu bere:

$$t_u = t_o = 10 \text{ s}$$

- c) Doba od povelu ke sklápění břevna závor do povelu sklápění posledního břevna závory před ŽP.

Pro současně sklápěná břevna závor před ŽP:

$$t_{u1} = 0 \text{ s}$$

- d) Doba od povelu ke sklápění břevna závor za ŽP do povelu ke sklápění posledního břevna závor.

Pro současně sklápěná břevna závor za ŽP:

$$t_{u2} = 0 \text{ s}$$

- e) Základní bezpečnostní doba: je doba, za kterou může nejdříve vjet čelo ŽKV na ŽP od uplynutí vyklizovací doby.

$$t_{b1} = 6 \text{ s}$$

- f) Přídavná bezpečnostní doba: Je doba, o kterou se musí prodloužit přibližovací doba z důvodů tolerancí při měření a zaokrouhlování jednotlivých výsledků.

$$t_{b2} = 3 \text{ s}$$

- g) Přídavná doba na úplné sklopení břevna závora: Počítá se s ní jen u PZS s polovičními závory.

- Pro $\alpha < 90^\circ$:

$$t_x = t_u + t_{u1} - \frac{3,6 \cdot (d_1 - d_9)}{V_s} \text{ [s]} \quad (3.22)$$

- Pro $\alpha > 90^\circ$:

$$t_x = t_u + t_{u1} - \frac{3,6 \cdot (d_1 - d_9)}{V_s} \text{ [s]} \quad (3.23)$$

Je-li vypočtená hodnota nulová nebo menší než nula, bere se $t_x = 0$.

3.3.5 Výsledné doby

a) Vyklizovací doba

Je nejkratší doba, během níž může bezpečně projet nejdelší a nejpomalejší SMV, cyklista nebo chodec, kteří jsou při spuštění výstrahy ve vzdálenosti 1 m před ŽP.

$$t_v = \frac{3,6 \cdot d_T}{V_s} \text{ [s]} \quad (3.24)$$

b) Předzváněcí doba

Tato doba se zahrnuje do výpočtu jen u ŽP se závory. Jedná se o dobu od spuštění výstrahy do doby, kdy se smí začít sklápět břevno závory. Výslednou hodnotu je dovoleno zaokrouhlit na celé číslo.

- U PZS s polovičními závory se jedná o dobu, kdy SMV popř. chodec nebo cyklista mine celou svou délkou závora před ŽP.

$$t_z = \frac{3,6 \cdot d_z}{V_s} \text{ [s]} \quad (3.25)$$

- U PZS s celými závory je výpočet předzváněcí doby totožný s vyklizovací dobou.

$$t_{zz} = t_v = \frac{3,6 \cdot d_t}{V_s} \text{ [m]} \quad (3.26)$$

U PZS se sekvenčním sklápěním závora se může břevno závory před ŽP začít sklápět po uplynutí t_z . A závory za ŽP až po uplynutí vyklizovací doby $t_v = t_{zz}$. Toto neplatí u ŽP, kde závory před ŽP zasahují do jízdního pruhu pro opačný směr.

Je-li rozdíl t_z a t_{zz} menší než 10 s je vhodnější všechna břevna závora sklápět současně.

c) Přibližovací doba

Nejkratší doba od spuštění výstrahy do doby, kdy smí čelo ŽKV vjet na ŽP.

- Pro ŽP s PZS bez závor:

$$t_L = t_r + t_v + t_{b1} + t_{b2} \text{ [s]} \quad (3.27)$$

- Pro ŽP s PZS s polovičními závorami:

$$t_L = t_r + t_v + t_{b1} + t_{b2} + t_x \text{ [s]} \quad (3.28)$$

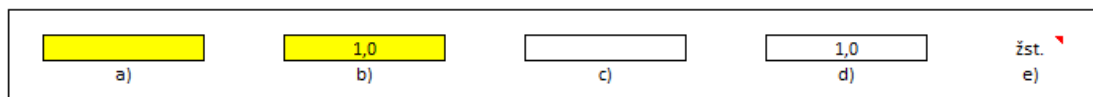
- Pro ŽP s PZS s celými závorami:

$$t_L = t_r + t_v + t_{b1} + t_{b2} + t_u + t_{u2} \text{ [s]} \quad (3.29)$$

4 Realizace interaktivního modelu křížení v prostředí Excel

SW lze využívat na 32 i 64-bitových systémech podporující tabulkový SW Microsoft Excel 2003 a vyšší s podporou maker.

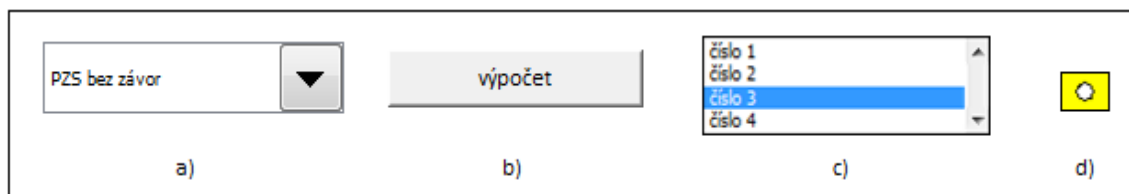
Pro lepší orientaci je v SW dodrženo několik zásad:



Obr. 4.1: Barevné odlišení buněk.

- a) Buňky žluté barvy jsou určeny pro zápis hodnot uživatelem.
- b) Hodnoty ve žlutých buňkách jsou automaticky vyplněny, jedná se o doporučené hodnoty dle norem ČSN.
- c) Buňky bílé barvy jsou automaticky generovány výpočtem. Jestliže se hodnota liší od reálné, je možno ji přepsat, ale dále již nespouštět přepočet.
- d) Hodnoty v bílých buňkách jsou automaticky vyplněny, jedná se o minimální hodnoty stanovené z norem ČSN.
- e) Vstupní parametry s červenou šipkou obsahují vysvětlení zkratky.

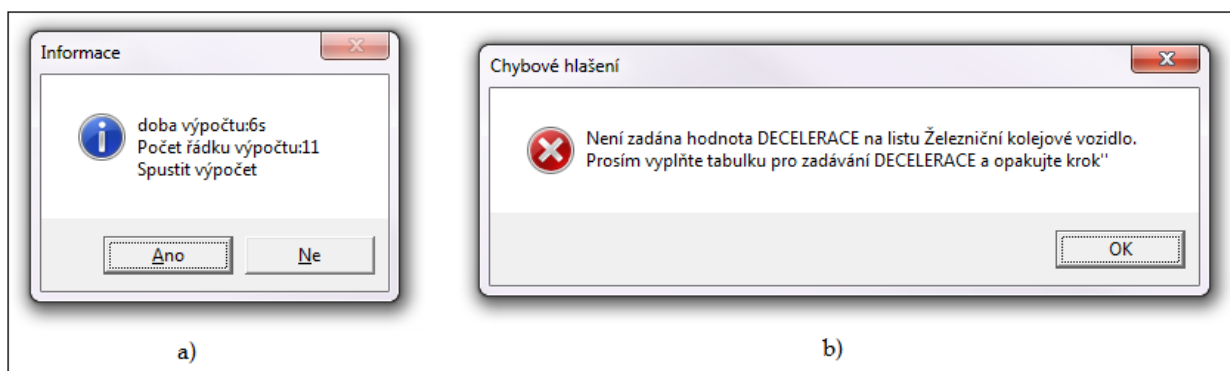
SW obsahuje ovládací prvky, kde každý prvek má svou specifickou funkci:



Obr. 4.2: Ovládací prvky SW.

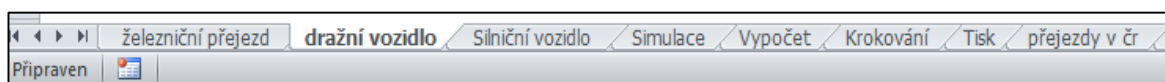
- a) Pole se seznamem – po výběru z roletky je spuštěna generace určité oblasti.
- b) Tlačítko – stiskem dochází ke spuštění výpočtu.
- c) Seznam – je dynamicky měněn podle výběru počtu kolejí.
- d) Přepínač – slouží k výběru režimu brzdění a počáteční polohy ŽKV.

SW je navržen tak, aby před každým spuštěním výpočtu ověřil, zda uživatel zadal všechny vstupní parametry správně.



Obr. 4.3: Dialogová okna.

- a) Informace – slouží k upozornění uživatele.
- b) Chybové hlášení – je-li špatně zadán vstupní parametr výpočtu po stisknutí „OK“, dojde k přesměrování na buňku obsahující chybně zadanou hodnotu.



Obr. 4.4: Lišta pro výběr listů.

SW je rozdělen celkem do osmi listů:

- Železniční přejezd
- Železniční kolejové vozidlo
- Silniční motorové vozidlo
- Interaktivní model
- Výpočet
- Krokování
- Závěrečná zpráva
- Železniční přejezdy v ČR

4.1 Železniční přejezd

List s názvem „Železniční přejezd“ slouží k charakteristice ŽP. Uživatel má na výběr celkem z pěti různých typu ŽP. První typ je zabezpečen pouze výstražným křížem, zatímco další čtyři jsou vybaveny PZZ. Tyto čtyři typy ŽP jsou schopny detekovat jízdu ŽKV v blízkosti ŽP a předat informaci o blížícím se ŽKV účastníkům silniční PK. V případě, že uživatel zvolí typ ŽP, jenž je vybaven PZZ, dochází k automatické generaci parametru v oblasti „Pohyb vozidel v blízkosti ŽP“ a „Parametry PZZ“.

Při kliknutí na tlačítko „výpočet“ se provede přepočít listu podle vztahů z ČSN, které již byly uvedeny v předchozí kapitole.

List je rozdělen na pět oblastí:

- Identifikace ŽP
- Poloha ŽP
- Parametry ŽP
- Pohyb vozidel v blízkosti ŽP
- Parametry PZZ

Železniční přejezd

Číslo železničního přejezdu	Název definičního úseku	Škm přejezdu	Přejezd s trolejovým vedením	Třída pozemní komunikace	Číslo pozemní komunikace	Místní název přejezdu	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka
P6501	žst. Studénka	245,044	Ano	III.	46427	Studénka ul. 2. května	49° 42' 29.90715" N	18° 04' 15.44528" E

typ přejezdu: PZ se sběratelí druhový přejezd: výpočet

Parametry železničního přejezdu

Vzdálenosti:

rozchod kolejí: 1,435 [m]

Hranice nebezpečného pásma:

sj: 2,5 [m]

sv: 4,8 [m]

sp: 9,6 [m]

Osová vzdálenost mezi 1 a 2 kolejí: 5 [m]

Osová vzdálenost mezi 2 a 3 kolejí: 0 [m]

Osová vzdálenost mezi 3 a 4 kolejí: 0 [m]

α: 90 [°]

β: 90 [°]

γ: 90 [°]

Parametry Přejezdu zabezpečovacího zařízení

Délka vzdálenosti pro výpočet

d1: 10,0 [m]

d2: 1,5 [m]

d3: 2,0 [m]

d4: 0,0 [m]

d5: 0,0 [m]

d7: 1,0 [m]

d8: 1,0 [m]

d9: 2,0 [m]

d10: 0,0 [m]

d11: 2,5 [m]

Metodika výpočtu dob u PZS

tr: 1,0 [s]

tu, to: 10,0 [s]

tu1: 0,0 [s]

tu2: 0,0 [s]

tb1: 6,0 [s]

tb2: 3,0 [s]

Vyklizovací doba

tv: 27,0 [s]

Přiblížovací doba

tl: 47,0 [s]

Předzvánčí doba

ttz: 27,0 [s]

Délka přejezdu

dk: 9,0 [m]

dn: 10,0 [m]

Délka pásma přejezdu

dp: 15,5 [m]

Délka směrdatná pro výpočet vyklizovací doby

dt: 37,5 [m]

Délka směrdatná pro výpočet předzvánčí doby

dt: 37,5 [m]

Přiblížovací úsek

Lp: 2088,9 [m]

Parametry vozidel v blízkosti přejezdu

Železniční dopravní cesta

Vt: 180,0 [km/h]

Vt: 44,4 [m/s]

Pozemní komunikace

Vs: 5,0 [km/h]

Vs: 1,4 [m/s]

ds: 22,0 [m]

ds: 3,0 [m]

Orientace přejezdu

Stanice A: Jstebník Stanice B: Studénka

Obr. 4.5: Ukázka vizualizace listu ŽP.

Identifikace ŽP

Po zadání alfanumerického identifikačního kódu ŽP je automaticky dle Seznamu přejezdů SŽDC [16] vyplněno:

- Název definičního úseku
- Kilometrická poloha ŽP na traťovém úseku
- Přejezd s trolejovým vedením
- Třída PK
- Číslo PK
- Místní název ŽP
- Zeměpisná šířka a délka

Poloha ŽP

Zde uživatel zadává stanice, mezi kterými se nachází daný ŽP. Zadání stanic je důležité z pohledu určení směru jízdy ŽKV.

Parametry ŽP

Zde SW nabízí dynamicky se měnící tabulku podle typu zabezpečení ŽP a počtu kolejí.

Pohyb vozidel v blízkosti ŽP

Pro výpočet parametrů PZZ je důležité zadat dovolenou rychlost ŽKV stanovenou provozovatelem dráhy v přibližovacím úseku a rychlost nejpomalejšího a nejdelšího SMV, popř. chodce nebo cyklisty, který může ještě přes ŽP bezpečně přejet (přejít).

Parametry PZZ

Jedná se o oblast složenou ze dvou sloupců. Po výběru typu ŽP se dynamicky mění a generují potřebné vstupní hodnoty. Kliknutím na tlačítko „výpočet“ SW vyplní hodnoty do prázdných ohraničených buněk. Hodnoty z přibližovacího úseku a předzváněcí doby jsou dále používány k simulaci a určení počáteční polohy ŽKV.

Počet kolejí:

- Jednokolejný
- Dvoukolejný
- Tříkolejný
- Čtyřkolejný

Po výběru počtu kolejí se automaticky upraví pozadí buněk a osová vzdálenost mezi danými kolejemi.

Členění ŽP:

- Zabezpečený pouze výstražným křížem
- PZS bez závor
- PZS s celými závorami
- PZS s polovičními závorami
- PZS se sekvenčními závorami

4.2 Železniční kolejové vozidlo

Tento list slouží k zadání parametrů ŽKV blížícího se k ŽP.

List je rozdělen celkem do tří oblastí:

- Rozměry
- Brzdění
- Charakteristika jízdy

Železniční kolejové vozidlo

Rozměry	
Šířka ŽKV:	2,8 [m]
Délka ŽKV:	185 [m]
Hmotnost ŽKV:	412 [t]
Počet náprav:	28 [-]

Brzdění	
Potřebná brzdicí procenta:	153 [%]
Skutečná brzdicí procenta:	194 [%]
Chybějící brzdicí procenta:	0 [%]
Ekvivaletní doba plnění:	1,0 [s]
Doba reakce strojvůdce:	0 [s]

Režim brzdění:		Doba plnění:	
<input type="radio"/>	G	30,0	[s]
<input type="radio"/>	P	10,0	[s]
<input type="radio"/>	R+Mg	6,0	[s]
<input checked="" type="radio"/>	rychločinné	2,0	[s]

Charakteristika jízdy

Počáteční rychlost: 44,444 [m/s]

Počáteční poloha ŽKV:

- ☒ Pzs ve výstraze: -3008 [m]
- ☐ Sklápění závor: -1026 [m]
- ☐ Zadání polohy: -1500 [m]

Použití brzdy: -214,0 [m]

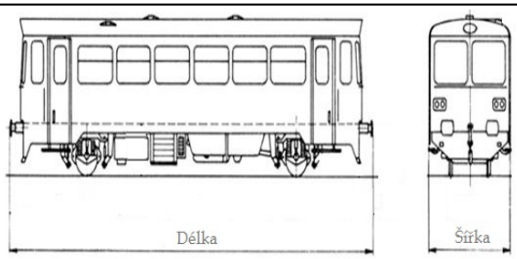
Doba jízdy výběhem: 63,9 [s]

Směr pohybu vlaku ze žst.: Jistebník

Vozidlo se pohybuje po koleji:

číslo 1
číslo 2
číslo 3
číslo 4

Decelerační: počet intervalů 5 generovat		
od [m/s]	do	decelarace [m/s ²]
-	39,4	1,32
-	30	1,32
-	20	1,35
-	10	1,38
-	0	1,4



Obr. 4.6: Ukázka vizualizace ŽKV.

Rozměry

Oblast slouží k zadání základních rozměrových parametrů ŽKV důležitých pro výslednou simulaci. Zbylé dva parametry, hmotnost vlaku a počet náprav, slouží k upřesnění popisu ŽKV na listu „Závěrečná zpráva“.

Brzdění

Jedná se o oblast, kde uživatel specifikuje dobu náběhu brzdného zařízení ŽKV (kap. 2.5). Pomocí ovládacího prvku (přepínače) se volí mezi čtyřmi režimy brzdění. Je-li hodnota plnění u daného režimu odlišná, lze hodnotu jednoduše přepsat. Po zvolení daného režimu se doba plnění automaticky dělí dvěma a zapíše se do ekvivalentní doby plnění. Zadání brzdicích procent je důležité pro popis ŽKV na listu „Závěrečná zpráva“.

Charakteristika jízdy

Do buňky pro počáteční rychlost se zadává skutečná rychlost, během níž se ŽKV pohybovalo. Pro výpočet je tato rychlost konstantní. Pomocí ovládacího prvku přepínače se volí výchozí poloha ŽKV. Hodnoty PZS ve výstraze a sklápění závor jsou generovány z listu „Železniční přejezd“. Při zvolení výchozí polohy bude uživatel přesměrován na buňku pro

zadání vzdálenosti před ŽP, kdy strojvedoucí přestavil brzdič do polohy brzdění. SW pro přesnější specifikaci brzdné dráhy ŽKV při době účinného brzdění používá metodu stupňů zpomalování (kap. 2.5.2). Nejdříve uživatel zadá do žluté buňky počet intervalů, pak stiskem tlačítka „generovat“ dojde ke generaci tabulky pro zadání jednotlivých intervalů.

4.3 Parametry silničního motorového vozidla

List s názvem „Silniční motorové vozidlo“ slouží k zadání rozměrů a charakteristice pohybu SMV.

Tento list je rozdělen do tří oblastí:

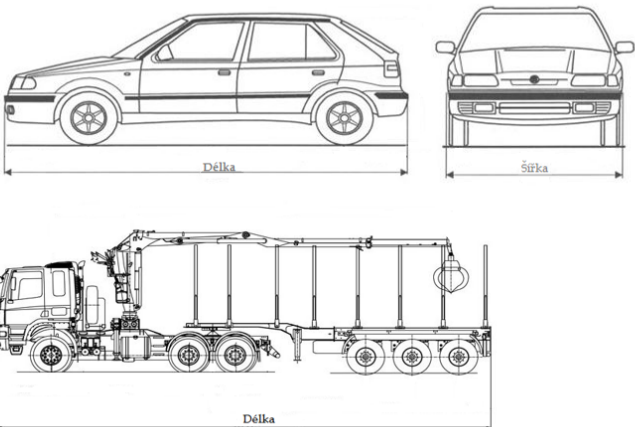
- Rozměry
- Brzdění
- Charakteristika jízdy

Silniční motorové vozidlo

Rozměry		
Šířka SMV:	2	[m]
Délka SMV:	16	[m]

Brzdění		
Doba začátku sim.:	42	[s]
Doba reakce řidiče:	1	[s]
Doba prodlevy brzd:	0,4	[s]
Doba náběhu brzdění:	0,1	[s]

Charakteristika jízdy		
Počáteční rychlost	10	[m/s]
Počáteční poloha	-443,0	[m]
Decelerace	2	[m/s ²]
Směr jízdy:	ze spodní části ▼	
Ujetá vzdálenost:	420	[m]
Vzdálenost:	23,0	[m]



Obr. 4.7: Ukázka vizualizace listu SMV.

Rozměry

Oblast slouží k zadání základních rozměrových parametrů SMV, promítnutých do výsledného modelu.

Brzdění

Do jednotlivých buněk této oblasti uživatel zadává jednotlivé dílčí doby přípravy SMV (kap. 2.4.1).

Charakteristika jízdy

Jedná se o oblast pro specifikování výchozí polohy, rychlosti a směru pohybu SMV. Dále zde uživatel zadává hodnotu decelerace, která působí na SMV při účinném brzdění.

4.4 Interaktivní model

Na tomto listu probíhá simulace pohybu vozidel a stavu ŽP podle dříve zadaných parametrů. Uživatel zde může sledovat okamžitou polohu vozidel, jejich hodnotu rychlosti, popř. decelerace a stav PZZ na reálném časovém podkladu, pokud je jím ŽP vybaven.

List je rozdělen na grafickou a početní část modelu.

Grafická část

Skládá se ze tří dynamicky měnících se grafů v závislosti na okamžité poloze vozidel. V horní části modelu je vyobrazena orientace ŽP, která již byla zadaná na listu „Železniční přejezd“. V dolní části jsou do pravoúhlého souřadného systému zaznamenávány hodnoty rychlosti a decelerací v závislosti na ujetých drahách.

Početní část

Představuje část listu tvořenou tabulkou, do které jsou generovány jednotlivé kroky výpočtu. Dojde-li ke střetu vozidel na ŽP, SW označí daný krok červeně a přiřadí času nulovou hodnotu.

Vstupní parametr „ Δt “ (přírůstek času) - slouží k zadání velikosti jednotlivých kroků.

Měřítko času

Zde uživatel vybírá celkem ze tří rychlostí běhu simulace modelu:

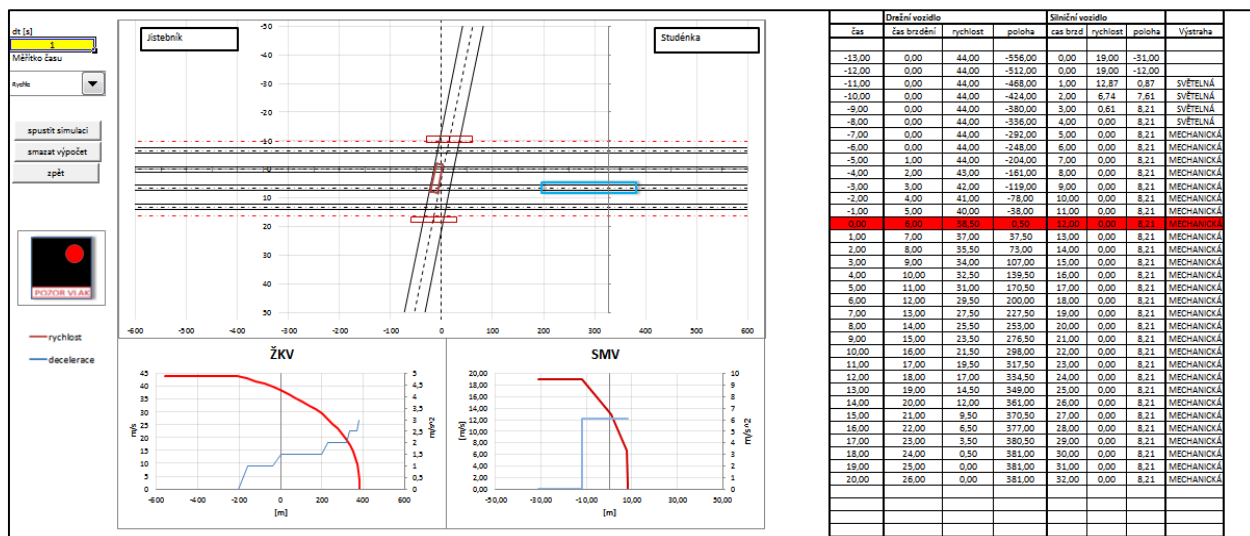
- Rychle - čas v modelu je 2x zrychlen, to znamená, že 1 s v modelu odpovídá 2 s reálného času
- Normální - jedná se o nastavení, kde 1 s odpovídá 1 s reálného času
- Pomalu - nastavení, kde je běh modelu 2x zpomalen.

Rychlost simulace je závislá na rychlosti počítače.

Po kliknutí na „Spustit simulaci“ SW ověří správnost vstupních parametrů. Jsou-li zadány správně, informuje uživatele pomocí informativního dialogového okna o teoretické době trvání simulace a počtu vygenerovaných řádků výpočtem. Uvedená doba trvání simulace je nejkratší možný čas za ideálních podmínek. Reálná doba trvání je závislá na výkonu počítače.

Po dokončení simulace se objeví t-l diagram pohybu vozidel. Při návrhu diagramu jsem vycházel ze zdroje. [1]

Tlačítkem „Smazat výpočet“ dojde k počáteční inicializaci grafické i početní části modelu.



Obr. 4.8: Ukázka vizualizace listu interaktivní model.

4.5 Výpočet

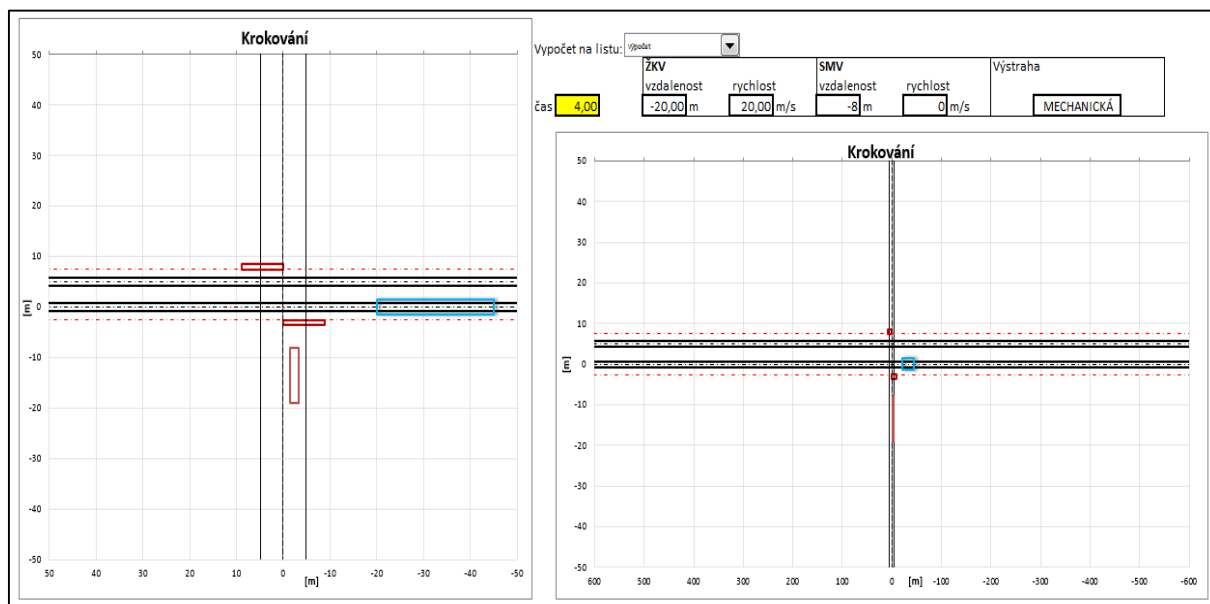
Na tomto listu je početní část bez grafického výstupu. Výpočet zde běží jen na pozadí bez obnovy obrazovky. Nepochází ke generaci číselných hodnot do tabulky, což má za důsledek snížení zatížení procesoru počítače a zrychlení výpočtu. Po dokončení výpočtu dojde k zápisu hodnot do tabulky. Tento list slouží pro rychlý výpočet parametrů. Okamžitou polohu vozidel v jednotlivých krocích lze poté sledovat na listu „Krokování“.

		Dražní vozidlo			Sílniční vozidlo			
čas [s]		čas brzdění	rychlost [m/s]	poloha [m]	cas brzd	rychlost [m/s]	poloha [m]	Výstraha
spustit výpočet	-11,00	0,00	44,00	-467,82	0,00	19,00	-31,00	SVĚTELNÁ
	-10,00	0,00	44,00	-423,82	0,00	19,00	-12,00	SVĚTELNÁ
	-9,00	0,00	44,00	-379,82	1,00	12,87	0,87	SVĚTELNÁ
	-8,00	0,00	44,00	-335,82	2,00	6,74	7,61	SVĚTELNÁ
	-7,00	0,00	44,00	-291,82	3,00	0,61	8,21	MECHANICKÁ
	-6,00	0,00	44,00	-247,82	4,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	-5,00	1,00	44,00	-203,82	5,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	-4,00	2,00	43,00	-160,82	6,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	-3,00	3,00	42,00	-118,82	7,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	-2,00	4,00	41,00	-77,82	8,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
smazat výpočet	-1,00	5,00	40,00	-37,82	9,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	0,00	6,00	39,50	0,68	10,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	1,00	7,00	37,00	37,68	11,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	2,00	8,00	35,50	73,18	12,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	3,00	9,00	34,00	107,18	13,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	4,00	10,00	32,50	139,68	14,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	5,00	11,00	31,00	170,68	15,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	6,00	12,00	29,50	200,18	16,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	7,00	13,00	27,50	227,68	17,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
	8,00	14,00	25,50	253,18	18,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ
9,00	15,00	23,50	276,68	19,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
10,00	16,00	21,50	298,18	20,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
11,00	17,00	19,50	317,68	21,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
12,00	18,00	17,00	334,68	22,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
13,00	19,00	14,50	349,18	23,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
14,00	20,00	12,00	361,18	24,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
15,00	21,00	9,50	370,68	25,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
16,00	22,00	6,50	377,18	26,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
17,00	23,00	3,50	380,68	27,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
18,00	24,00	0,50	381,18	28,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
19,00	25,00	0,00	381,18	29,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	
20,00	26,00	0,00	381,18	30,00	0,00	8,21	MECHANICKÁ	

Obr. 4.9: Ukázka vizualizace listu výpočet.

4.6 Krokování

List „Krokování“ slouží k procházení jednotlivých kroků simulace nebo výpočtu. Pomocí ovládacího prvku uživatel určuje zdrojový list výpočtu, kde se nachází výpočet. Po vložení počátečního času krokování do žluté buňky dojde k aktualizaci grafů a tabulky se základními parametry.

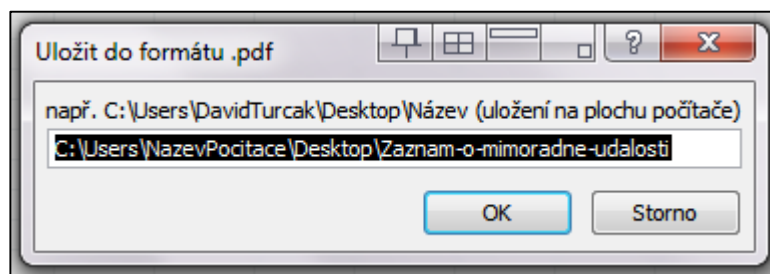


Obr. 4.10: Ukázka vizualizace listu krokování.

4.7 Závěrečná zpráva

Tento list slouží k závěrečnému shrnutí dříve zadaných a vypočítaných hodnot, popř. k převodu do formátu pdf. Uživatel zde zadává údaje týkající se mimořádné události.

Stiskem tlačítka „Převod do pdf“ dojde k zobrazení dialogového okna pro zadání cesty ke složce, kde má dojít k uložení ve formátu.



Obr. 4.11: Dialogové okno na listu závěrečná zpráva.

5 Validace a verifikace navrženého modelu

Cílem kapitoly pět je prověřit správnost navrženého modelu a zkontrolovat plnění jednotlivých požadavků.

Validace a verifikace SW byla provedena pomocí porovnávání výsledků SW s hodnotami z norem a se závěrečnou zprávou o mimořádné události, kterou sepsala Drážní inspekce. Porovnávané požadavky a jejich splnění uvádím níže v této kapitole.

Kontrolu funkce jednotlivých ŽP na výsledném modelu jsem prověřil pomocí mnoha zkoušek s nejdelším a nejpomalejším účastníkem PK. Účastník PK se nacházel v okamžiku spuštění výstrahy 1 m před ŽP a musel jej bezpečně opustit celou svou délkou po uplynutí vyklizovací doby. Na listu „Krokování“ bylo jednoznačně prokázáno splnění požadavku na stav ŽP v jednotlivých krocích.

Výsledný model pro zobrazení polohy vozidel na listu „Interaktivní model“ je patřičně zkrácený z důvodu přehlednějšího znázornění pohybu vozidel. Aby byl požadavek splněn, je přesné grafické znázornění polohy vozidel na listu „Krokování“.

Pro kontrolu výpočtové části SW, která se věnuje pohybu vozidel podle zadaných parametrů, byla využita závěrečná zpráva Drážní inspekce z mimořádné události ve Studénce, kde došlo ke střetnutí vlaku Ex 512 se SMV [21]. Výsledky ze SW se nachází v příloze č. 1. Výsledky výpočtu SW a závěrečné zprávy Drážní inspekce se v jednotlivých hodnotách liší v řádech metrů.

Pro ukázkou relevantnosti výpočtu přibližovacího úseku ŽP jsem provedl komparaci jednotlivých výsledků SW s příloženou ukázkou ŽP v normě [7]. (Obr. 5.1 a Tab. 5.1)

Tab. 5.1: Jednotlivé délky a doby přibližovacího úseku podle normy. [7]

ZÁKLADNÍ ÚDAJE											
TRAŤ:		Bilina – Citice					PŘEJEZD v km 39,383				
DRUH:		PZS 3ZBI				Závory: s celými závorami			Označení: B		
Komunikace: místní komunikace III. třídy					Rozhodující uživatel: vozidla						
d _p [m]	14,9	t _x [s]	-	t _u [s]	10	t _v [s]	26,6	V _s [km.h ⁻¹]	5	α [°]	90
d _r [m]	36,9	t _{b1} [s]	6	t _{u1} [s]	-	t _z [s]	-	V _v [km.h ⁻¹]	20	β ₁ [°]	90
d _z [m]	23,0	t _{b2} [s]	3	t _{u2} [s]	-	t _{zz} [s]	26,6	a [m.s ⁻¹]	1,3	β ₂ [°]	90
d _s [m]	22	t _L [s]	46,57	t _o [s]	10	t _r [s]	1	t _{rp} [s]	-	s _p [m]	12,1
VÝSTRAHA											
označení	jízda od	rozhodující výhybky			dovolená rychlost na přejezd V _t [km.h ⁻¹]					L _p [m]	
B1	L1	1/2+. 20/21+			160					2072	

Jednotlivé vstupní parametry ŽP byly zadány tak, aby se délka nebezpečného pásma $d_p = 14,9$ m. Vypočtené jednotlivé vzdálenosti a doby se shodují, výjimkou je délka přibližovacího úseku, která se liší v řádech dvou metrů. Domnívám se, že odlišná hodnota přibližovacího úseku je způsobena rozdílným zaokrouhlováním dílčích dob.

Parametry ŽP		
Vzdálenosti :		
rozchod koleje:	1,435	[m]
Hranice nebezpečného pásma:	2,5	[m]
sj:	6	[m]
sv:	12,1	[m]
sp:	12,1	[m]
Osová vzdálenost mezi 1 a 2 kolejí:	5	[m]
Osová vzdálenost mezi 2 a 3 kolejí:	0	[m]
Osová vzdálenost mezi 3 a 4 kolejí:	0	[m]
Vzdálenost vystražného kříže:	4	[m]
α	90	[°]
β	90	[°]
β	90	[°]
Pohyb vozidel v blízkosti ŽP		
Železniční dopravní cesta		
Vt	160,0	[km/h]
Vt	44,4	[m/s]
Pozemní komunikace		
Vs	5,0	[km/h]
Vs	3	[km/h]
ds	22	[m]
ds	3	[m]

Parametry PZZ		
Metodika výpočtu délek ŽP		
d1:	10,0	[m]
d2:	1,5	[m]
d3:	1,9	[m]
d4:	0,0	[m]
d5:	0,0	[m]
d7:	0,0	[m]
d8:	1,0	[m]
d9:	2,0	[m]
d10:	0,0	[m]
d11:	2,0	[m]
dŽP:	13,9	[m]
dk:	5,0	[m]
dn:	10,0	[m]
Délka pásma přejezdu		
dp:	14,9	[m]
Délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby		
dt:	36,9	[m]
Délka směrodatná pro výpočet předzváněcí doby		
dz:	23,0	[m]
Přibližovací úsek		
Lp:	2070	[m]
Metodika výpočtu dob u PZS		
tr:	1	[s]
tu,to:	10	[s]
tu2:	0	[s]
tb1:	6	[s]
tb2:	3	[s]
Vyklizovací doba		
tv:	26,6	[s]
Přibližovací doba		
tL:	46,6	[s]
Předzváněcí doba		
tzz:	26,6	[s]

Obr 5.1: Jednotlivé délky a doby přibližovacího úseku vypočítané pomocí SW.

6 Provozně technické hodnocení návrhu modelu

Tato kapitola je zaměřena na praktické využití navrženého SW.

Vzhledem k tomu, že navržený SW byl vytvořen pomocí programovacího jazyku VBA (Visual Basic for Applications), který je součástí tabulkového SW Microsoft Excel, lze SW a jeho všechny funkce plně využívat na operačních systémech Windows.

Výpočet jednotlivých délek a časů přibližovacího úseku je naprogramovaný dle platných norem, zajišťujících správnost vygenerovaných hodnot a bezpečnost na ŽP. SW by se mohl mj. využít při kontrole již navržených ŽP.

Navržený SW a jeho jednotlivé funkce by se daly využívat v oblasti řešení pohybu vozidel na ŽP i mimo něj.

Dne 28. 4. 2016 proběhla prezentace a následná konzultace o vytvořeném SW před zástupci Drážní inspekce. Tato návštěva pro mne byla velkým přínosem při finální úpravě SW. Pracovníci Drážní inspekce spatřují největší přínos ve funkci pro analýzu pohybu vozidel podle dříve zadaných parametrů. Zhodnotili SW jako využitelný v oblasti řešení mimořádných událostí z hlediska zjednodušení výpočetní části s podrobným popisem pohybu vozidel před a po střetu.

Dle mého názoru by se SW mohl využívat jako učební pomůcka pro školení nových i stávajících řidičů či strojvedoucích. Pomocí interaktivního modelu lze nasimulovat různé situace, které mohou nastat při pohybu v blízkosti ŽP a připravit tak účastníky silničního i drážního provozu na nebezpečné situace na ŽP.

Závěr

V rámci své bakalářské práce jsem vytvořil uživatelsky přehledný SW pro analýzu pohybu vozidel. Pohyb vozidel je znázorněn v interaktivním modelu křížení dráhy s pozemní komunikací. Prostřednictvím analýzy pohybu vozidel SW dokáže vyhodnotit jejich střet. V SW je rovněž vytvořena funkce pro znázornění okamžité polohy vozidel v jednotlivých krocích výpočtu pomocí grafů a tabulky. SW byl navržen tak, aby se jednotlivé kroky (hodnoty) výpočtu daly upravovat podle požadavků uživatele. Celý průběh analýzy pohybu vozidel a základní charakteristika mimořádné události je shrnuta do přehledné zprávy. Tuto zprávu lze převést do formátu pdf.

V úvodu své práce jsem uvedl historický vývoj zabezpečovacího zařízení a ve zkratce zmínil orgán, který zjišťuje příčiny a okolnosti vzniku mimořádných událostí v České republice.

Další kapitola se zabývá analýzou pohybu vozidel v blízkosti ŽP. Základní pojmy jsou zde citovány v nepozměněné podobě tak, jak se nachází v normách a předpisech. Pro lepší seznámení s problematikou jsem uvedl vývoj nehodovosti na ŽP a navržené kroky vedoucí ke snížení počtu nehod, které zveřejnily organizace zajišťující bezpečnost drážní dopravy. V další části kapitoly se věnuji teoretické analýze pohybu obou typů dopravy. V závěru kapitoly je popsána metoda zpomalování, které je využito v SW pro přesnější analýzu pohybu ŽKV.

V kapitole „Návrh modelu křížení dráhy s pozemní komunikací“ je formulován základní rozdíl mezi ŽP vybaveným PZZ a zabezpečeným pouze výstražným křížem. U jednotlivých typů ŽP uvádím nároky, které jsou nezbytné pro splnění norem na zajištění bezpečnosti ŽP. Tato kapitola popisuje vztahy, podle kterých postupuje SW při výpočtu jednotlivých typů ŽP.

Záměrem kapitoly „Realizace interaktivního modelu křížení v prostředí Excel“ je seznámení uživatele SW s jednotlivými listy a funkcemi, kterými je SW vybaven. Každý list SW je podrobně popsán v podkapitolách.

Poslední dvě kapitoly slouží ke zhodnocení navrženého SW. V těchto kapitolách jsem porovnával výsledky SW s těmi reálně dosaženými. Po následné analýze výsledků spatřuji přínos SW v jednodušší analýze pohybu vozidel, výuce řidičů popř. strojvedoucích a kontrole již navržených ŽP.

Vytvořený SW by se dal dále rozšířit o interaktivní výpočet rozhledových poměrů. Dále je možné zpřesnit vyhodnocení nehody pomocí využití jiného programu (např. Matlab), protože Microsoft Excel není vybaven funkcí pro grafické zjištění průsečíku dvou obrazců.

Podrobné nastudování problematiky ŽP vnímám jako velice důležité pro vytvoření funkčního SW.

Seznam použité literatury

- [1] BRADÁČ, Albert. *Soudní inženýrství*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997, 725 s. ISBN 80-7204-057-X.
- [2] HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. *Kolejová vozidla II*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009, 391 s. ISBN 978-80-7043-641-7.
- [3] POUPĚ, Oldřich. *Zabezpečovací technika v železniční dopravě II: vysokoškolská učebnice pro Vysokou školu dopravy a spojů v Žilině*. Praha: Nadas, 1990, 676 s. ISBN 80-7030-073-6.
- [4] ŠIROKÝ, Jaromír. *Mechanika v dopravě I: kolejová vozidla*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2004, 121 s. ISBN 80-248-0536-7.
- [5] ŠIROKÝ, Jaromír. *Mechanika v dopravě II: příklady*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2006, 121 s. ISBN 80-248-1252-5.
- [6] 361/2000 Sb. *Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů*. Praha: České dráhy, 1997.
- [7] ČSN 34 2650. *Železniční zabezpečovací zařízení – Přejezdová zabezpečovací zařízení*, ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [8] ČSN 73 6380. *Železniční přejezdy a přechod, změna Z3*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [9] V15. *Předpis pro provoz a obsluhu brzdových zařízení železničních kolejových vozidel*. Praha: České dráhy, 1997.
- [10] Aktuální problematika zabezpečovací techniky ve vztahu k požadavkům provozu. *SŽDC* [online]. České Budějovice, 2015 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: http://www.ztsb.cz/sites/default/files/prednasky2015/sB07_Klega_SZDC.pdf
- [11] Analýza nehod Vraňany 2007: Osudná záměna přejezdů. *Železničář* [online]. Praha: České dráhy, 2016 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <https://zeleznicar.cd.cz/zeleznicar/provoz-a-technika/analyza-nehod-%7C-vranany-2007--osudna-zamena-prejezdu/-10403/>
- [12] Číslování železničních přejezdů. *SŽDC* [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/web/prejezdy/cislovani-prejezdu.html>
- [13] *Jak na Excel* [online]. Praha: Pavel Lasák, 2016 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://office.lasakovi.com/excel/>

- [14] Nehod na přejezdech ubylo, i tak zemřelo 32 lidí. *Drážní inspekce* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-02-19]. Dostupné z: <http://www.dicr.cz/nehod-na-prejezdech-ubylo-i-tak-zemrelo-32-lidi>
- [15] Přejezdy v číslech. *SŽDC* [online]. Praha: SŽDC, 2014 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/web/prejezdy/prejezdy-v-cislech.html>
- [16] Seznam přejezdu SŽDC. *SŽDC* [online]. Praha: SŽDC, 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/web/prejezdy/seznam-prejezdu-szdc/seznam-prejezdu-szdc.xlsx>
- [17] ŠIROKÝ, Jaromír: *Posuzování dynamiky pohyby drážních vozidel ze záznamu jejich jízdy*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011. Projekt: Rozvoj v oboru dopravního inženýrství č. CZ.1.07/2.3.00/09.0144, KA2 - Analýza dynamiky jízdy vozidel.
- [18] TRNKA, Zdeněk. Bezpečnost na železničních přejezdech je věcí nás všech. Reportér AŽD Praha, 2009(3), s. 16–17.
- [19] Úvod do soudního znaleství. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://opvk.cdvinfo.cz/file/dynamika-jizdy-vozidel/>
- [20] Příčná čára souvislá. *Všechny autoškoly* [online]. Praha: Petr Mazánek, 2006 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://www.vsechny-autoskoly.cz/dopravni_znacka/pricna_cara_souvisla/
- [21] Střetnutí vlaku Ex 512 s nákladním automobilem na železničním přejezdu P6501. *Drážní inspekce*[online]. Praha: Drážní inspekce, 2015 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://www.dicr.cz/uploads/Zpravy/MU/DI_Studenka_150722.pdf
- [22] Felicia – rozměry a hmotnosti. *Vše o škodě felicia* [online]. 2006 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://felicia.manas.name/felicia-rozmary-a-hmotnosti/>
- [23] Typový výkres typu M152.0. *Stránky o prototypech a lokomotivních unikátech* [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.prototypy.cz/rady/810/810bo.htm>
- [24] Typový výkres T 158-8P5R33.391. *Tatra* [online]. Kopřivnice: Tatra trucks [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.tatra.cz/nakladni-automobily/odvetvovy-katalog/lesnictvi/dalsi-vozy/6x6-univerzalni-vuz-pro-vyvazeni-a-prepravu-dreva-5/>

Seznam obrázků

Obr. 2.1	Graf styk kola – kolejnice.	str. č. 13
Obr. 2.2	Graf styk kolo – vozovka.	str. č. 13
Obr. 2.3	Graf vývoje mimořádných událostí na ŽP.	str. č. 16
Obr. 2.4	Umístění čísla na výstražníku PZS.	str. č. 17
Obr. 2.5	Umístění čísla na výstražném kříži.	str. č. 17
Obr. 2.6	Grafické znázornění průběhu brzdného zpomalení SMV.	str. č. 18
Obr. 2.7	Ukázka výpočtu střední hodnoty decelerace.	str. č. 22
Obr. 2.8	Stupně zpomalování ŽKV.	str. č. 24
Obr. 3.1	ŽP zabezpečen pouze výstražným křížem doplněn o dopravní značku P6.	str. č. 26
Obr. 3.2	ŽP zabezpečený PZS bez závor.	str. č. 29
Obr. 3.3	ŽP s tupým úhlem křížení.	str. č. 30
Obr. 3.4	Příčná souvislá čára.	str. č. 32
Obr. 3.5	Délka ŽP bez závor.	str. č. 35
Obr. 3.6	Délka ŽP se závorami.	str. č. 35
Obr. 4.1	Barevné odlišení buněk.	str. č. 39
Obr. 4.2	Ovládací prvky SW.	str. č. 39
Obr. 4.3	Dialogová okna.	str. č. 40
Obr. 4.4	Lišta pro výběr listů.	str. č. 40
Obr. 4.5	Ukázka vizualizace listu ŽP.	str. č. 41
Obr. 4.6	Ukázka vizualizace ŽKV.	str. č. 43
Obr. 4.7	Ukázka vizualizace listu SMV.	str. č. 44
Obr. 4.8	Ukázka vizualizace listu interaktivní model.	str. č. 46
Obr. 4.9	Ukázka vizualizace listu výpočet.	str. č. 46
Obr. 4.10	Ukázka vizualizace listu krokování.	str. č. 47
Obr. 4.11	Dialogové okno na listu závěrečná zpráva.	str. č. 47
Obr. 5.1	Jednotlivé délky a doby přibližovacího úseku vypočítané pomocí SW.	str. č. 49

Seznam tabulek

Tab. 2.1	Počet nehod a jejich následků podle typu zabezpečení ŽP.	str. č. 16
Tab. 2.2	Požadavky na ŽKV.	str. č. 20
Tab. 2.3	Režim brzdění.	str. č. 20
Tab. 2.4	Elektropneumatické brzdy.	str. č. 21
Tab. 3.1	Rozhledová délka pro SMV.	str. č. 28
Tab. 3.2	Rozhledová délka pro SMV při $V_{\max} = 30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.	str. č. 28
Tab. 3.3	Rozhledová délka pro zastavení SMV.	str. č. 29
Tab. 5.1	Jednotlivé délky a doby přibližovacího úseku podle normy.	str. č. 48

Seznam příloh

- Příloha č. 1: Závěrečná zpráva zpracována navrženým SW

Příloha č. 1: Závěrečná zpráva zpracována navrženým SW

Záznam o mimořádné události

Datum: 22. 7. 2015
 Čas: 7:41:49
 Dráha: železniční, celostátní
 Úsek: žst. Studénka
 Žkm ŽP: 245,044
 GPS: 49° 42' 29.90715" N 18° 04' 15.44528" E

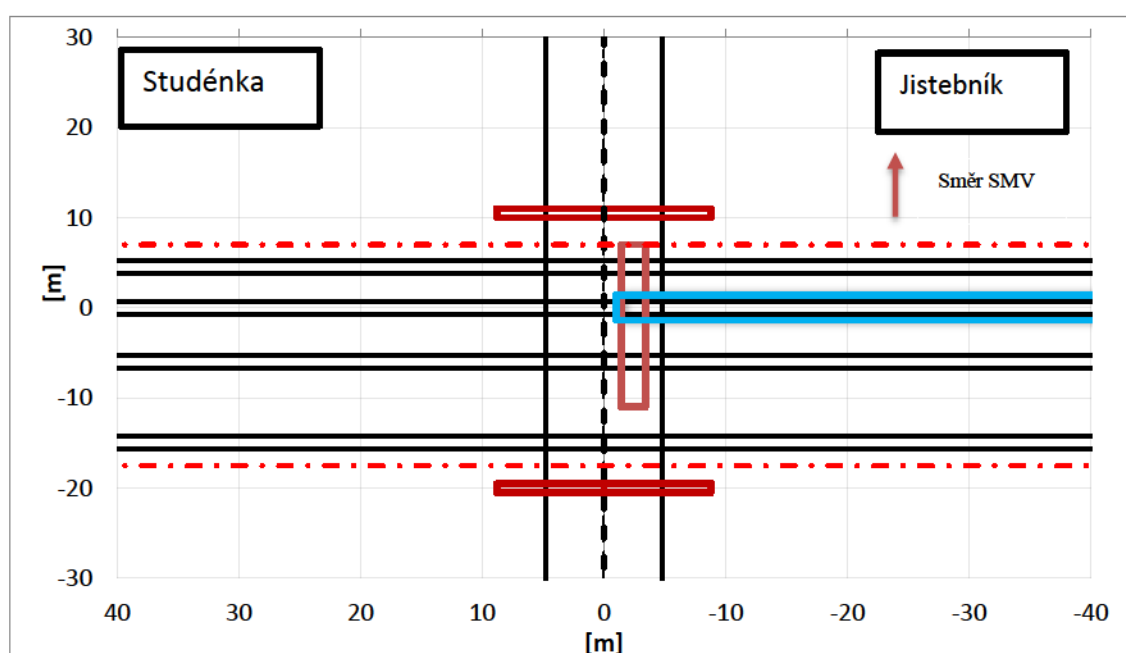


Vlak:	Ex 512	Sestava vlaku:	Dopravce: České dráhy, a.s.
Délka ŽKV:	185	Číslo	Držitele
Počet náprav:	28	682 003-9	České dráhy, a.s.
Hmotnost [t]:	412	082 003-5	České dráhy, a.s.
Potřebná brzdící [%]:	153	684 003-7	České dráhy, a.s.
Skutečná brzdící [%]:	194	084 003-3	České dráhy, a.s.
Chybějící brzdící [%]:	0	683 003-8	České dráhy, a.s.
Rychlost vlaku [km/h]:	160	081 003-6	České dráhy, a.s.
Způsob brzdění:	rychločinné	681 003-0	České dráhy, a.s.
Brzdy v poloze:	R+Mg		

Poznámky k vlaku:

Analýza střetu

Železniční kolejové vozidlo				Silniční motorové vozidlo			
čas	čas brzdění	rychlost	poloha		čas	rychlost	poloha
0,00	5,00	39,16	-1,01		26,00	0,00	7,00



Analýza mimořádné události

Železniční kolejové vozidlo				Silniční motorové vozidlo			Výstraha
čas [s]	čas brzdění	rychlost [m/s]	poloha [m]	čas brzdění	rychlost [m/s]	poloha [m]	
-67,00	0,00	44,44	-2965,56	0,00	10,00	-415,00	SVĚTELNÁ
-66,00	0,00	44,44	-2921,11	0,00	10,00	-405,00	SVĚTELNÁ
-65,00	0,00	44,44	-2876,67	0,00	10,00	-395,00	SVĚTELNÁ
-64,00	0,00	44,44	-2832,22	0,00	10,00	-385,00	SVĚTELNÁ
-63,00	0,00	44,44	-2787,78	0,00	10,00	-375,00	SVĚTELNÁ
-62,00	0,00	44,44	-2743,34	0,00	10,00	-365,00	SVĚTELNÁ
-61,00	0,00	44,44	-2698,89	0,00	10,00	-355,00	SVĚTELNÁ
-60,00	0,00	44,44	-2654,45	0,00	10,00	-345,00	SVĚTELNÁ
-59,00	0,00	44,44	-2610,00	0,00	10,00	-335,00	SVĚTELNÁ
-58,00	0,00	44,44	-2565,56	0,00	10,00	-325,00	SVĚTELNÁ
-57,00	0,00	44,44	-2521,12	0,00	10,00	-315,00	SVĚTELNÁ
-56,00	0,00	44,44	-2476,67	0,00	10,00	-305,00	SVĚTELNÁ
-55,00	0,00	44,44	-2432,23	0,00	10,00	-295,00	SVĚTELNÁ
-54,00	0,00	44,44	-2387,78	0,00	10,00	-285,00	SVĚTELNÁ
-53,00	0,00	44,44	-2343,34	0,00	10,00	-275,00	SVĚTELNÁ
-52,00	0,00	44,44	-2298,90	0,00	10,00	-265,00	SVĚTELNÁ
-51,00	0,00	44,44	-2254,45	0,00	10,00	-255,00	SVĚTELNÁ
-50,00	0,00	44,44	-2210,01	0,00	10,00	-245,00	SVĚTELNÁ
-49,00	0,00	44,44	-2165,56	0,00	10,00	-235,00	SVĚTELNÁ
-48,00	0,00	44,44	-2121,12	0,00	10,00	-225,00	SVĚTELNÁ
-47,00	0,00	44,44	-2076,68	0,00	10,00	-215,00	SVĚTELNÁ
-46,00	0,00	44,44	-2032,23	0,00	10,00	-205,00	SVĚTELNÁ
-45,00	0,00	44,44	-1987,79	0,00	10,00	-195,00	SVĚTELNÁ
-44,00	0,00	44,44	-1943,34	0,00	10,00	-185,00	SVĚTELNÁ
-43,00	0,00	44,44	-1898,90	0,00	10,00	-175,00	SVĚTELNÁ
-42,00	0,00	44,44	-1854,46	0,00	10,00	-165,00	SVĚTELNÁ
-41,00	0,00	44,44	-1810,01	0,00	10,00	-155,00	SVĚTELNÁ
-40,00	0,00	44,44	-1765,57	0,00	10,00	-145,00	SVĚTELNÁ
-39,00	0,00	44,44	-1721,12	0,00	10,00	-135,00	SVĚTELNÁ
-38,00	0,00	44,44	-1676,68	0,00	10,00	-125,00	SVĚTELNÁ
-37,00	0,00	44,44	-1632,24	0,00	10,00	-115,00	SVĚTELNÁ
-36,00	0,00	44,44	-1587,79	0,00	10,00	-105,00	SVĚTELNÁ
-35,00	0,00	44,44	-1543,35	0,00	10,00	-95,00	SVĚTELNÁ
-34,00	0,00	44,44	-1498,90	0,00	10,00	-85,00	SVĚTELNÁ
-33,00	0,00	44,44	-1454,46	0,00	10,00	-75,00	SVĚTELNÁ
-32,00	0,00	44,44	-1410,02	0,00	10,00	-65,00	SVĚTELNÁ
-31,00	0,00	44,44	-1365,57	0,00	10,00	-55,00	SVĚTELNÁ
-30,00	0,00	44,44	-1321,13	0,00	10,00	-45,00	SVĚTELNÁ
-29,00	0,00	44,44	-1276,68	0,00	10,00	-35,00	SVĚTELNÁ
-28,00	0,00	44,44	-1232,24	0,00	10,00	-25,00	SVĚTELNÁ
-27,00	0,00	44,44	-1187,80	0,00	10,00	-15,00	SVĚTELNÁ

-26,00	0,00	44,44	-1143,35		0,00	10,00	-5,00	SVĚTELNÁ
-25,00	0,00	44,44	-1098,91		1,00	7,00	2,00	SVĚTELNÁ
-24,00	0,00	44,44	-1054,46		2,00	4,00	6,00	SVĚTELNÁ
-23,00	0,00	44,44	-1010,02		3,00	1,00	7,00	MECHANICKÁ
-22,00	0,00	44,44	-965,58		4,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-21,00	0,00	44,44	-921,13		5,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-20,00	0,00	44,44	-876,69		6,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-19,00	0,00	44,44	-832,24		7,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-18,00	0,00	44,44	-787,80		8,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-17,00	0,00	44,44	-743,36		9,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-16,00	0,00	44,44	-698,91		10,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-15,00	0,00	44,44	-654,47		11,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-14,00	0,00	44,44	-610,02		12,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-13,00	0,00	44,44	-565,58		13,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-12,00	0,00	44,44	-521,14		14,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-11,00	0,00	44,44	-476,69		15,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-10,00	0,00	44,44	-432,25		16,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-9,00	0,00	44,44	-387,80		17,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-8,00	0,00	44,44	-343,36		18,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-7,00	0,00	44,44	-298,92		19,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-6,00	0,00	44,44	-254,47		20,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-5,00	0,00	44,44	-210,03		21,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-4,00	1,00	44,44	-165,58		22,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-3,00	2,00	43,12	-122,46		23,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-2,00	3,00	41,80	-80,66		24,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
-1,00	4,00	40,48	-40,17		25,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
0,00	5,00	39,16	-1,01		26,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
1,00	6,00	37,84	36,84		27,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
2,00	7,00	36,52	73,36		28,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
3,00	8,00	35,20	108,56		29,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
4,00	9,00	33,88	142,45		30,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
5,00	10,00	32,56	175,01		31,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
6,00	11,00	31,24	206,26		32,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
7,00	12,00	29,92	236,18		33,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
8,00	13,00	28,57	264,75		34,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
9,00	14,00	27,22	291,98		35,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
10,00	15,00	25,87	317,85		36,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
11,00	16,00	24,52	342,38		37,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
12,00	17,00	23,17	365,55		38,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
13,00	18,00	21,82	387,37		39,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
14,00	19,00	20,47	407,85		40,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
15,00	20,00	19,12	426,97		41,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
16,00	21,00	17,74	444,72		42,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
17,00	22,00	16,36	461,08		43,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
18,00	23,00	14,98	476,06		44,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
19,00	24,00	13,60	489,67		45,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ

20,00	25,00	12,22	501,89		46,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
21,00	26,00	10,84	512,74		47,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
22,00	27,00	9,46	522,20		48,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
23,00	28,00	8,06	530,26		49,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
24,00	29,00	6,66	536,93		50,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
25,00	30,00	5,26	542,19		51,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
26,00	31,00	3,86	546,06		52,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
27,00	32,00	2,46	548,52		53,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
28,00	33,00	1,06	549,58		54,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
29,00	34,00	0,00	549,58		55,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ
30,00	35,00	0,00	549,58		56,00	0,00	7,00	MECHANICKÁ